



# المزلقات

مواد التزييت والتشحيم

Lubricants



تأليف

S.S. DARA

ترجمة مهندس استشاري

محمد أحمد السيد خليل

SBH





# المزلقات

مواد التزييت والتشحيم

Lubricants

تأليف

S. S. DARA

ترجمة

مهندس استشاري

محمد احمد السيد خليل

رقم الإيداع: ٢٢٣٨٢ / ٢٠٠٦

أحمد ، محمد  
المزلاقات، محمد أحمد السيد خليل  
ط١- القاهرة : دار الكتب العلمية للنشر  
والتوزيع، ٢٠٠٦  
١١٢ ص، ١٧ × ٢٤ سم.  
تدمك ٧-٦٧٨-٢٨٧-٩٧٧  
١- المزلاقات  
أ. العنوان

© لا يجوز نشر جزء من هذا الكتاب أو  
إعادة طبعه أو اختصاره بقصد الطباعة أو اختزان  
مادته العلمية أو نقله بأي طريقة سواء كانت  
إلكترونية أو ميكانيكية أو بالتصوير أو خلاف ذلك  
دون موافقة خطيه من الناشر مقدماً.

**دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع**

٥٠ شارع الشيخ ربحان - الدور الأول - شقة ١٢

عابدين - القاهرة ☎ : ٧٩٥٤٢٢٩

E-mail: sbh@link.net

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



# المزلقات

## نقدیم :

المزلقات (Lubricants) لتوضیح مفهومها فإنه یعنی بها مواد التزیت والتشحیم وإن كان معنی المزلقات أشمل حیث تشمل مواد التزلیق الغازیة والسائلة وشبه الصلبة والصلبة والمستحلبة. والمستحلبات تستخدم بین الأسطح المعدنية المتحركة لخفض البلی الناتج عن الاحتكاك وكذلك ارتفاع درجة الحرارة بفعل هذا الاحتكاك هذا بالإضافة إلى حماية سطح المعدن من التآكل والصدأ وتسهيل عملیات الاستخدام الميكانيکی للمعدات والمحركات.

وفی هذا الإصدار يتم تناول أنواع المزلقات الغازیة والسائلة من الزيوت المعدنية أو النباتیة أو الحيوانیة وأنواع الشحوم وكذلك حالات استخدام المعادن المنصهرة كمواد التزلیق والمواد الصلبة هذا بالإضافة إلى اختبارات ومراقبة جودة مختلف أنواع المزلقات والتعرف على کیفیة اختیار مادة التزلیق المناسبة لاستخدام معین.

وتعتبر ترجمة هذا الكتاب إضافة إلى المكتبة العربیة ونرجو تحقیق الإفادة المرجوة.

والله الموفق

مهندس استشاری  
محمد أحمد السید خلیل





تمهيد

الجدب السطحي





# المزلقات Lubricants

## الفصل الأول (تمهيد)

### نبذة تاريخية :

لقد أثبتت الدراسات والأبحاث الأثرية أن الاستفادة من المزلقات كانت معروفة لدى قائدي المركبات الحربية القديمة ذات العجلتين والتي تجرها الخيول والتي كانت تستخدم في المراكب والسباقات وكانت تسمى (Chariot)، وذلك منذ عام ١٤٠٠ قبل الميلاد. ولقد اكتشف ليونارد دافنشي (١٤٥٢ - ١٥١٩) المبادئ الأساسية للاحتكاك والتزيق ووصف تأثير التزيق على كفاءة الاحتكاك بين سطحين متحركين. أهمية التزيق زادت معرفتها مع الثورة الصناعية، حيث صاحب ذلك الأبحاث نحو طبيعة التزيق بواسطة السوائل وذلك في عام ١٨٨٦ بواسطة (Osborn Reynold) والذي تلاه كثيراً من الباحثين. وقد بدأ الاستهلاك الكبير للمزلقات منذ عام ١٩٤٧ في كثير من المجالات مثل السيارات والطائرات والمعدات الصناعية.

### مقدمة :

الاحتكاك والبري يكون نتيجة الحركة ما بين سطحين متلامسين. الاحتكاك هو قوة المقاومة للحركة النسبية (Relative Motion) لسطحين متلامسين. البري أو البلي (Wear) يكون نتيجة التغلب على هذه المقاومة ومقاومتها بالقوة التي يتم استخدامها. التزيق يمكن تعريفه بأنه خفض الاحتكاك بين سطحين متحركين ومتلامسين وذلك بإدخال مادة أخرى بينهما. لدراسة ما يحدث عند تلامس الأسطح الصلبة يجب أن تبدأ بدراسة وطبيعة الأسطح نفسها.

### الجذب السطحي وطاقة السطح (التوتر السطحي) :

#### Surface Tension and Surface Energy:

السطح يعتبر عموماً أنه تلاقى بين مجالين. لقد اقترح أن سطح السائل يكون سلوكه كما لو كان غشاء مشدود، والذي يميل دائماً إلى الانكماش. وهذا نتيجة عند

فكرة الجذب السطحي للسائل أو الطاقة السطحية للطبقة (أى التوتر السطحي). تأكيد هذه الفكرة كان عند طفو الدبوس المغطى بطبقة شمعية فوق الماء. إذا تجمد الماء فإنه يبدو فى الحالة الصلبة. قوى السطح تظل ولكنها لم تعد تشبه السطح المثل للغشاء. مفهوم الجذب السطحي لا يمكن تطبيقه على الجسم الصلب ولكن الجسم الصلب يمكن أن يكون له طاقة سطح أو توتر سطحي (Surface energy) والذي يوجد فى شكل طاقة الانفعال (الكامنة) (Strain Energy) عند تغطية السطح إذا كانت الطبقة السطحية يمكن تثبيتها بالغشاء المشدود، فإنه توجد ما يشبه الزنبرك المشدود حيث تكون فيه الطاقة مخزنة أو محتجزة نظراً لأن هذا الزنبرك المشدود يحتاج إلى جهد لعمله. هذه الطاقة المخزونة تتطلق عند تحرر الزنبرك من هذا الجهد. وهذا يوفر المفهوم البديل للطاقة السطحية الناتجة عن قوى الجزيئات (Molecular Energy) المنتجة على الطبقة السطحية. مفهوم الطاقة السطحية يمكن تطبيقه لكل من المواد الصلبة والسائلة. تتغير الطاقة السطحية طبقاً لمكونات المادة المكونة للسطح. الطاقة السطحية للمعادن تزداد عند هبوط درجة الحرارة، بينما فى الهواء تصبح المعادن مغطاة بالأكسيد الذى يقلل من الطاقة السطحية. تأثير المزيج المستخدم على السطح يقلل إلى حد كبير الطاقة السطحية.

### Adsorbtion

### الأدمصاص :

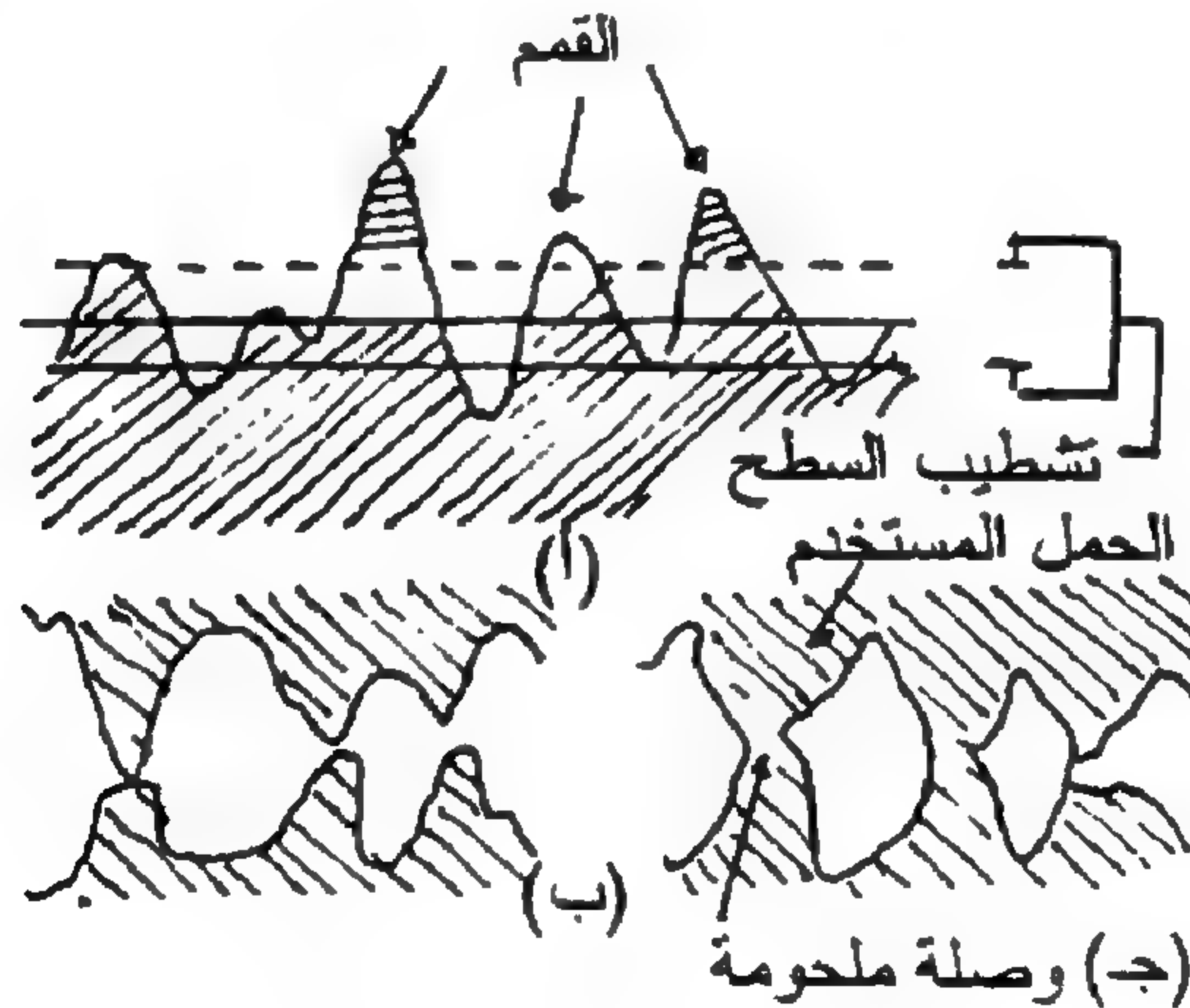
بسبب وجود قوى الجذب بين سطحي التلامس لمجالين، وتكون طبقه من مكونات مختلفة من هذين المجالين، فإن الطبقة الجديدة التى تكونت يقال أنه تم إدمصاصها وأن عملية الجذب (Attraction) هى بسبب هذا الإدمصاص. الطبقة التى تم إدمصاصها (إمتزازها - Adsorbed) تكون لها خواص خاصة بها فقط. فى حالة أسطح التلامس (Interfaces) ما بين السائل/ الغاز أو بين السائل/السائل، فإن درجة الإدمصاص يمكن تقديرها بتغير الجذب السطحي الناتج ولكن هذا غير ممكن فى حالة الإدمصاص عند السطح الصلب رغم أن الإدمصاص لا يقلل من طاقة السطح (التوتر السطحي). المادة التى تم إدمصاصها توصف أنها الممتزة (Adsorbate)، المجال الذى قام بالإدمصاص يكون الممتز (Adsorbent). الإدمصاص يمكن أن يكون من نوعين، وهما الإدمصاص الطبيعي والإدمصاص الكيميائي الذى يحتوى على قوى أكبر.



الطبقات التي تم إمصاصها من المزيج (Lubricant) تقوم بدور هام في حالة التزليق بين أسطح التلامس (Boundary Lubricants).

### الخشونة السطحية: (Surface Roughness)

حتى في حالة أعلا مستوى من التلميع لسطح المعدن، فإنه عند اختباره تحت المجهر. حيث التكبير العالى (كما في حالة الميكروسكوب الإلكتروني)، فإنه يرى أنه سطح خشن إلى حد ما، وبه قمم عالية ووديان ذات مستويات مختلفة من الارتفاع والعمق كما هو موضح في الشكل (١). وهذا ما يسمى بالخشونة السطحية (Surface Roughness). القمم العالية تسمى الخشونة أو الحدة (Aspirities). عند وضع سطحين مستويين أحدهما فوق الآخر، فإن خشونة أو حدة السطح العلوى تتركز على تلك للسطح السفلى. لذلك، فإنه يحدث التصاق للسطحين عند هذه النقاط فقط بينما يكون منفصلين فوق معظم المساحة. لذلك، فإن المساحة الحقيقية للتصاق تكون صغيرة جداً مقارنة بالمساحة الظاهرة للتلامس (التصاق) شكل (١-ب).



شكل (١) خشونة السطح وقوة الالتصاق

### الإنجذب السطحي: Surface Attraction

القوى السطحية تكون مؤثرة فقط على مسافات صغيرة جداً، عند إقتراب سطحين كل من الآخر، فإنهما يكونا معلقين بالتصاق قممهما الخشنة. كلما صغرت هذه القمم كلما كان الالتصاق أقرب، أى كلما زادت نعومة التشطيب لأسطح التلامس، كلما زادت درجة الالتصاق. الأسطح المعدنية النظيفة عالية التلميع لها طاقة سطحية عالية

نسبياً، وهذا هو السبب فى الالتصاق الشديد لهذه الأسطح عند ضغطهما معاً. وهذا يوضح سبب الاحتكاك والبلى العالى عندما تكون مثل هذه الأسطح فى حركة نسبية. فى حالة عدم وجود طبقات إدمصاص، فإنه يمكن لحام سطحين بالتشطيب الناعم بالضغط فقط لأن قوى الخشونة (Cohesive forces) تقوم بالدور الكامل. وهذا هو أساس اللحام على البارد (Cold welding) شكل (١-ج).

### آلية الجذب السطحي : Mechanism of Surface Attraction

التفاعل بين ذرتين أو جزيئين القريبين من بعضهما يمكن أن يخلق ثنائى القطبية لحظياً حتى فى حالة عدم وجود قطبية ثنائية (Dipoles) مستمرة. هذا يمكن أن يحدث فى وقت واحد وبالتالي يوجد عزوم إضافية (Moments). الحالة الناتجة يمكن أن تكون شديدة التعقيد متضمنة ذبذبات متأرجحة للذرات وللجزيئات، ولكن طبقاً لنظرية ميكانيكا الموجه (Wave) فإن طاقة مثل هذه القوى يمكن حسابها. التأثير يعرف بقوة الانتشار أو التشتت (Dispersion Effect). كذلك، قوى الجذب أو الرباط بين الجزيئات (Melecules) فى المادة الصلبة يمكن أن يكون شديد التعقيد فى طبيعته ويتوقف على بناء المادة الصلبة نفسها. عموماً، القوى الرئيسية تسمى قوى فاندرفال (Vander waals forces) وهذه تتكون من قوى الثنائية القطبية المستمرة، والثنائية القطبية المدخلة (Induced) والانتشار.



**الفصل الأول**  
**الجذب السطحي**  
**وقوانين الاحتكاك**





## القوانين التقليدية المتميزة في الاحتكاك :

كان ليوناردو فينشى (1519 - 1452) أول من وضع المفاهيم الأساسية للاحتكاك والتي تم تطويرها بعد ذلك بما قام به أمونتون وكولوب. القوانين التقليدية للاحتكاك الناتجة عن هذه الدراسات القديمة يمكن تلخيصها كالآتي :

- ١- قوة الاحتكاك تتناسب مع الحمل.
- ٢- معامل الاحتكاك ليس له علاقة بالمساحة الظاهرية للالتصاق.
- ٣- المعامل الاستاتيكي أكبر من المعامل الديناميكي.
- ٤- معامل الاحتكاك ليس له علاقة بسرعة الانزلاق.
- ٥- معامل الاحتكاك يتوقف على المادة.

القوانين التقليدية استمرت لسنين حتى وقت قريب. ولكن على ضوء التطور الحديث، فقد وجد أن معظم القوانين غير صحيحة وتحتاج إلى إعادة صياغة. وفي نفس الوقت، تلك القوانين ألقت الضوء على آلية الاحتكاك الجاف، والتي كانت الأساس في البحوث المدققة.

لقد كان القانون الأول صحيحاً عدا في حالة الضغط العالي عندما تقترب مساحة الالتصاق الحقيقية من مقدار المساحة الظاهرية. وهذه عموماً تكون في الصيغة الآتية:

$$F = f \times W$$

حيث (F) = قوة الاحتكاك

(f) = معامل الاحتكاك

(W) = الحمل العادي

هذه المعادلة تعرف بأنها قانون أوم الذي يعرف كمعامل للاحتكاك. باقي القوانين التقليدية يجب تأهيلها. لذلك، فإن القانون الثانى يبدو أنه مقبول فقط في تصنيع المواد. القانون الثالث يقبل فقط لأي مادة ذات لدونة ولزوجة (Viscoelastic)، ولكن هناك تناقض فيما إذا كانت تلك المواد لها معامل احتكاك استاتيكي.

القانون الخامس يكمن اعتباره ملاحظة وليس قانون.

النظريات العامة للاحتكاك :

بعض نظريات الاحتكاك العامة التي تشرح الاحتكاك الجاف هي كالآتي :

## أ - تشابك ميكانيكى : (Mechanical Interlocking)

اقترح (Amontons and Dele Hire) فى عام ١٦٩٩ أن الاحتكاك الميكانيكى يمكن أن يكون بسبب التشابك الميكانيكى لعناصر الخشونة السطحية. تلك الآلية توفر التوضيح لوجود معامل احتكاك استاتيكي، وكذلك توضح أن الاحتكاك الديناميكي هو القوة اللازمة لرفع قمع الارتفاعات للسطح العلوى فوق تلك للسطح السفلى.

## ب - الانجذاب الجزيئى: (Molecular Attraction)

لقد أرجع (Tomlinson) فى عام ١٩٢٩ و (Hardy) فى عام ١٩٣٦ أن قوى الاحتكاك تعود إلى نشأت الطاقة عند إقتلاع ذرات مادة خارج مجال الإنجذاب لنظائرها (Counterparts) على سطح التعشيق أو التزاوج (Mating). الأبحاث التالية أوعزت أن احتكاك الالتصاق يعود إلى عملية كسر الرباط الجزيئى الحركى (Molecular kinetic Pond) حيث تنشأت الطاقة من خلال دورة الشد، الكسر، استرخاء لجزيئات السطح والجزيئات تحت السطح.

## ج - القوى الكهرواستاتيكية : (القوى الكهربائية الساكنة)

هذه النظرية ظهرت قريباً فى عام ١٩٦١ التى أمكن بواسطتها شرح ظاهرة الالتصاق - الانزلاق (Stick - Slip) بين احتكاك سطحين من المعدن بتنشيط تدفق شبكة من الإلكترونات، والتى تنتج حشد من الشحنات ذات القطبية المعاكسة عند أسطح التلامس - هذه الشحنات يفترض أنها تمسك بالأسطح معاً بواسطة الجذب الكهروستاتيكي.

## د - نظرية اللحام :

هذه النظرية مبنية على الشغل الذى قام به (Bowden) ومعاونيه فى كامبردج. حتى أن الأسطح ذات التنشيط العالى الفائق عند الكشف عنها تحت الميكروسكوب الإلكتروني، تظهر مكونات من الهضاب والوديان حتى أن أصغر القمم تكون كبيرة مقارنة بأكبر الجزيئات. عند وضع كل من هذين السطحين النظيفين كل على الآخر، يحدث الالتصاق بين عدد قليل نسبياً من القمم المرتفعة لكل بحيث أن مساحة الالتصاق الحقيقية ستكون صغيرة جداً مقارنة بالمساحة السطحية الاسمية. وبالتالي فإن الحمل

المسلط سيسبب ضغوط موضعية مرتفعة بما يكفي ليسبب وجود خضوع لدن (Plastic Yielding) للمعدن وبذا يتم توزيع الحمل على مساحة التصاق أكبر. وغالباً ما تحدث حالة من الاتزان وذلك عند توقف التغير اللدن الذي يبقى بعد زوال الإجهاد (Plastic Deformation). عندئذ يحدث اللحام على البارد بين الملتصقين.

عندئذ عند محاولة انزلاق أحد الأسطح على الآخر، فإن هذه الوصلة الملوحة على البارد سوف تتلف بفعل جهد القص (Shearing)، ولكن، عند كسر وصلة فإن القمة التي تحررت على أحد الأسطح سوف تصطدم بقمة على السطح الآخر بحيث أنه مع تكسر الوصلات تتكون وصلات أخرى. لا يحدث القص على طول مستوى اللحام ولكن خلال معظم المعدن. في حالة المعدنين الغير متماثلين، فإن القص يحدث غالباً ودائماً خلال جسم المعدن الطرى وقد ينتج عن ذلك جسيمات البرى (الاحتكاك) (Wear Particles). كذلك فإن قمم السطح الصلب قد تحدث أخاديد في المعدن اللين بحيث أن مقاومة الاحتكاك عموماً سوف تتكون من قوى القص وقوة الحرث (Ploughing force)، وذلك رغم أن الحرث سوف يكون صغيراً نسبياً في معظم الحالات.

$$F = S + P = AS + A'P'$$

حيث

$F$  = قوة الاحتكاك ،  $P$  = قوة الحرث ،  $A$  = المساحة الحقيقية للتصاق

$S$  = القوة على وحدة المساحة لوصلات القص،

$A'$  = مساحة مقطع مسار الأخدود.

$P'$  = متوسط الضغط على وحدة المساحة للزاحة المعدن في السطح.

تفترض النظرية أسطح نظيفة للتصاق، ولكن بينما أن الأسطح التي تم نظافتها وإعدادها ميكانيكياً أو كيميائياً قد تكون خالية مؤقتاً من الملوثات، ولكن معظم الأسطح يحدث لها تلوث بطبقات من الرطوبة، ومن ادمصاص الغازات، ومن السوائل، ومن طبقات الأكسيد، وتأثيراتها سوف تعيق كمية اللحام على البارد بين السطحين الملتصقين.



ولكن وجهة النظر هذه التى لم يساهم فيها العالم الروسى (Kragelshi)، الذى جذب الانتباه نحو حقيقة أنه "عند إنزلاق القمم المخترقة على السطح فإنه تتكون بروز أو لتفافات أمامها التى تزداد أبعادها مع زيادة قوى أربطة الالتصاق. عندئذ رفع المادة يؤدي إلى تغير كبير فى شكل الطبقة السطحية.

تكرار التغير فى الشكل ينتج عنه زيادة قوة الصلابة وبالتالي زيادة القسافة السطحية (Embrittled layer). نقط تركيز الإجهاد تنتج تلف سطحى وإزالة جسيمات صغيرة. ولكن العالم الروسى (Krgelski) ومساعدوه اعتقدوا أن العامل الأول المسبب للاحتكاك هو التغير فى الشكل الكلى للمادة الصلبة الذى لم يراعى بواسطة (Bowden , Tobor).

## ٢- البلى ، البلى : (Wear)

يمكن تعريف البلى بأنه الفقد المستمر للمادة من سطح الجسم نتيجة الأداء الميكانيكى. هذا التعريف يشمل عمليات مثل الجليخ (Abrasion)، الحفر (Pitting)، والبلى بالحك (Suffing)، والتآكل. فى أى حالة معينة يمكن أن تعمل مثل هذه الآلية منفردة أو معاً، كما فى حالة المعدن الصلب الذى يعمل كحكاك رقيق ويبلى كلا السطحين. لقد اقترح أن البلى هو مصطلح مركب والذى يشمل :

- ١- البلى بالالتصاق.
- ٢- البلى بالالتصاق والقطع.
- ٣- البلى بالتآكل.
- ٤- الإجهاد (الكلال) السطحى.
- ٥- عوامل أخرى.

عموماً يعتقد أنه ما بين ٢ إلى ٣ من أنواع البلى تحدث معاً ومعدل مجموع البلى هذا يتوقف على السرعة والحمل.

## ٣- نظريات البلى :

تعتمد نظرية (Archard) على حقيقة أن المساحة الحقيقية للالتصاق بين سطحين تكون عموماً صغيرة مقارنة بالمساحة الظاهرية، بحيث أنه أثناء الإنزلاق يوجد عددي من التصادمات أو اللقاءات (Encounters) كمناطق موضعية للأسطح والتى تتحول مؤقتاً إلى التصاق حقيقى. عند كل تصادمات إما أن تتكون جسيمات بلى أو لا تتكون،

مقدار احتمالات التكوين يتم تمثيلها بالثابت  $K$ ، وأن جسم البلى هو كتلة من المادة ذات أبعاد تقارن بتلك للمساحة المحلية للاتصاق. إذا فرض أن جسم البلى يكون فى شكل شبه مستدير بنصف قطر يساوى ذلك لمنطقة الالتصاق، يفترض دائرى، فإن معدل البلى يكون  $P_m / KPS = W$ .

حيث :

$S$  = مسافة الانزلاق.

$P$  = الحمل المستخدم (المسلط)

$P_m$  = ضغط التدفق للمادة اللينة (الأكثر ليونة).

لذلك فإنه طبقاً لتلك النظرية، فإن البلى سوف يتناسب مباشرة مع مسافة الانزلاق والحمل، وليس له علاقة بمساحة الالتصاق، وهذا تم تأكيده بالملاحظة التجريبية.

النظرية لا تظهر مباشرة التغير المتوقع لمعدل البلى مع الصلابة لأن ثابت الاحتمالات  $K$ ، يتوقع أن يعتمد على المادة كذلك. عند اختبار معادن مختلفة تحت ظروف مشابهة من البلى، فإنه يلاحظ تجريبياً أن  $(K)$  تميل إلى النقصان مع الصلابة وأن قيمة  $K$  تكون صغيرة جداً (حيث تتراوح من  $10^{-2}$  إلى  $10^{-7}$ ) بحيث أن مساحة محلية منفردة فى السطح يجب تحميلها مرات كثيرة قبل حدوث التلف بالبلى.

معالجة (Archards) تتطلب تطوير لتصبح عملية البلى متضمنة مراحل عديدة.

ولكن، النظرية الكاملة بخصوص القدر الكلى لمعدل البلى لم يتم تطويرها حتى الآن.





الفصل الثاني

التزييق



عند انزلاق سطح على سطح آخر فإنه توجد ثلاثة عوامل طبيعية أساسية التى تؤثر على البلى الكلى بينهم.

أ - المسافة بين الأسطح.

ب - القوى التى تعمل على الأسطح.

ج - شكل الـ s'p.

التزليق يمكن تعريفه بأنه خفض الاحتكاك والبلى بين سطحين متحركين نسبياً وذلك بإدخال بعض من مادة أخرى بين السطحين. هذه المادة التى تم إدخالها تسمى المزلق (Lubricant).

يتم دفع المزلق فى الفواصل ومنع تلاقى الأسطح وتعشيقها وبذلك تقل قوى الاحتكاك ويقل البلى والتمزق (Wear And Tear). لذلك فإن وجود الوسط التزليق يقلل من فقد الطاقة، البلى السطحى، والتلف والتشوه وكذلك، خفض فى تكاليف التشغيل. توجد آليتين أساسيتين حيث بهما يمكن خفض الاحتكاك:

أ- التزليق الصلب : حيث يتم تغطية سطحين بمادة مثل الجرافيت، والتى تخفض معامل الاحتكاك بين سطحين عند انزلاقهما كل على الآخر.

ب- التزليق السائل: حيث استمرار طبقة سائلة بين السطحين بما يمنع من التصاقهما معاً بحيث أن تكون المقاومة الوحيدة للحركة هى التى ترجع إلى لزوجة السائل. وهذه الطريقة هى الأكثر استخداماً من الناحية العملية.

وجود مزيج بين الأسطح المتحركة يمكن أن يقوم بأدوار أخرى بخلاف خفض الاحتكاك والبرى حيث :

(١)- يعمل كمبرد وذلك بنشر حرارة الاحتكاك الناتجة عن احتكاك الأسطح. وبذا فإن تمدد المعدن يفعل حرارة الاحتكاك المحلية وما ينتج عنه من تلف وتغير فى الشكل يتم خفضه.

(٢)- فى محركات الاحتراق الداخلى، تعمل المزلقات كذلك كحشبه لبوس أو طوق لمنع التسرب (Gasket) بين المكبس وجدار الأسطوانة عند كل حلقات الضغط



وتمنع التسرب للغازات التي عند الضغط العالي في غرفة الاحتراق، وبذا يقل  
الفقد في الطاقة.

(٣) - منع دخول الرطوبة، والأتربة والأوساخ بين الأجزاء المتحركة.

(٤) - العمل كعامل تنظيف وكاسح لغسيل وتقل الأجسام الصلبة الناتجة من الحرق أو  
البلى.

(٥) - في الطائرات، زيت التزليق ممكن استخدامه كوقود هيدروليكي لتغيير تباعد  
الدافع أو لعمل آليات أخرى. مؤشر اللزوجة للزيت هو من الصفات الهامة في  
مثل هذه الحالات.

## ٢- آلية التزليق : (Mechanism of Lubrication)

عند وضع سطحين معدنيين كل منهما على الآخر، فإنه يحدث التصاق بين  
قممهما، وتكون مساحة الالتصاق الحقيقية عادة حوالى ٠,٠٠٠١ من المساحة الظاهرية  
للالتصاق. عند تسليط ضغوط عالية على نقط الالتصاق هذه بما يزيد عن حد اللدونة  
للمعادن، البلاستيك، فإنه يحدث انسياب والسطحين يحدث لهما التصاق معاً. عند  
انزلاق أحد السطحين المعدني على الآخر فإن الحركة لا تكون ناعمة ومستمرة ولكن  
يوجد تعاقب من الانزلاق والالتصاق، ذلك لأن التوصيلات المتتالية الملحومة يتم  
تكسيرها ومعالجتها. الاحتكاك بين الأسطح يتوقف على السهولة التي يتم بها كسر  
اللحامات والذي بالتالي يتوقف على حمل وصلابة المواد. معامل الاحتكاك لمعدن  
صلب ينزلق فوق معدن لين عادة يكون صغيراً، الوصلات الملحومة تحفر الأخاديد في  
المواد اللينة عند بدء الانزلاق.

اللحامات القوية يمكن أن تكون تحديداً بين معدنين ذوي قوة عالية ملتصقين،  
وعند كسر هذه اللحامات، فإنه قد يحدث تلف طبيعي كبير لكلاً السطحين. تكون  
وصلات ملحومة يصبح أكثر انتشاراً مع زيادة سرعة الانزلاق ذلك لأن الحرارة  
المنبعثة في الانزلاق تعمل على ليونة أسطح المعدن.

نظراً لأن الاحتكاك ينتج عادة من الوصلات الملحومة بين الأسطح المتحركة، فإن  
الأداء الرئيسي للمزلج يكون إعاقة تكون هذه الوصلات، أو لاستبدالها بوصلات جديدة

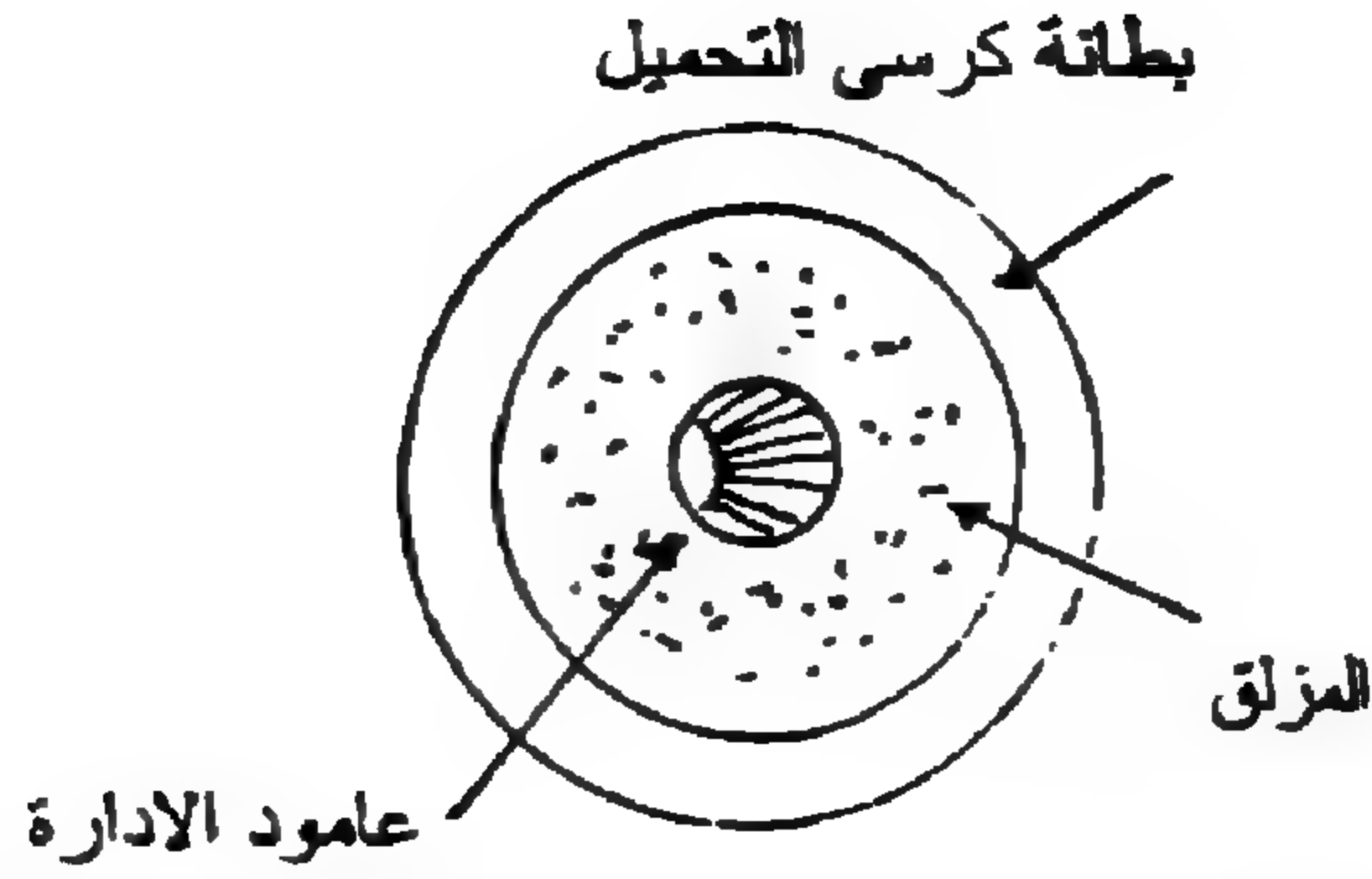
التي يحدث لها القص بسهولة، وبذا خفض مقاومة الاحتكاك وخفض البلى والتلف. الثلاث أنواع الآتية من آليات التزليج هي المميّزة عموماً، ولذلك فإن عوامل تعيين اختيار المزج المناسب تختلف طبقاً لكل حالة.

## ٢- التزليق السائل أو الهيدروديناميكي :

### Liquid or Hydrodynamic Lubrication

في التزليق السائل أو التزليق الهيدروديناميكي، تكون الأسطح المتحركة منفصلة عن بعضها بطبقة سائلة بسمك لا يقل عن ١٠٠٠ وحدة أنجسترون ( $1000\text{\AA}$ )، حيث يكون نادراً ما يحدث إلتصاق سطح بالآخر أو أن يحدث لحام. تحت الظروف الهيدروديناميكية للتزليق يكون معامل الاحتكاك منخفض حتى ٠,٠٠١ إلى ٠,٠٣ (للأسطح التي لم يتم تزليقها، يكون معامل الاحتكاك ما بين ٠,٥ إلى ١,٥). معامل الاحتكاك  $F = f/W$  حيث  $F$  هي القوة اللازمة لإحداث الحركة،  $W$  = هو الحمل المستخدم.

التزليق الهيدروديناميكي يحدث في حالة دوران عامود الإدارة بسرعة مناسبة في كرسى تحميل جيد التزليق، مع حمل غير مرتفع كثيراً. مثال لنموذج مكبر لعامود إدارة يدور في محمل مقعده العامود (Journal Bearing) موضح في الشكل (٢). في حالة إزاحة خط المركز بعيداً عن محور محمل مقعده العامود، فإنه يمكن سحب طبقة من المزج إلى الداخل في شكل أسفين. وتحت هذه الظروف، فإن نظرية الهيدروديناميكي تتوقع زيادة الضغط الكافي للمحافظة على كل من العامود ومحمل المعقد بعيدين عن بعضهما البعض، عامود الإدارة "يطفو" فوق المزلق. تتوقف كفاءة التزليق بهذه الآلية على تصميم كراسى التحميل، التحميل، معدل دوران العامود وعلى لزوجة المزج. بالنسبة لحمل معين ومعدل دوران معين، يزداد الضغط الهيدروديناميكي مع زيادة لزوجة المزج، ولكن توجد حدود عملية للزوجة التي يمكن استخدامها، ذلك لأنه يلزم كمية كبيرة من الطاقة لتدوير واستمرار طبقة من المزج عالي اللزوجة.



شكل (٢) التزليق الهيدروديناميكي  
لقاعدة عمود الإدارة

فى التزليق الهيدروديناميكي شكل (٢) تغطى أسطح كل من عمود الإدارة وكذلك أسطح كراسى التحميل بطبقة من زيت التزليق. طبقة الزيت تكون سميكة بما يكفى لتغطية عدم الاستواء للأسطح ولا يحدث التصاق بين أسطح المعادن. لذلك، فإنه عملياً لا يحدث بلى. مقاومة الحركة تعود فقط إلى المقاومة بين جسيمات المزلق المتحركة فوق بعضها البعض. لذلك، فإنه فى حالة التزليق الهيدروديناميكي، فإن المزلق الذى يتم اختياره يجب أن تكون له اللزوجة الكافية بحيث أن تكون قوة التحميل بسبب دوران محمل مقعد العمود، كافية لسحب الزيت الكافى بين محمل مقعد العمود (Journal) وكرسى التحميل (Bearing) وفى نفس الوقت، يجب ألا تكون عالية اللزوجة والتي تضيف مقاومة لحرية الحركة لجسيمات المزلق فوق بعضها البعض. التزليق الهيدروديناميكي يستمر فى حالة النظم الميكانيكية الرقيقة مثل الساعات، ماكينات الخياطة، والأجهزة العلمية.

اختيار السائل المزلق المناسب هو عملية معقدة مع تغيرات اللزوجة طبقاً لدرجة الحرارة. لزوجة زيت من الهيدروكربونات كنموذج تخفض مع ارتفاع درجة الحرارة، حيث يكون الزيت مناسباً عندما يكون المحرك بارداً يمكن أن يصبح رقيقاً جداً لاستمرار طبقة التزليق المناسبة عند درجات حرارة التشغيل العادية. لاستمرار اللزوجة المناسبة للزيت للتزليق المناسب فى كل فصول العام، فإن المزلقات الهيدروكربونية العادية عادة يتم خلطها مع بلمرات مختارة ذات التسلسل الطويل (Long Chain Polymers). تعتبر زيوت الهيدروكربون مزلقات مقبولة، حيث تزداد



لزوجتها مع زيادة الوزن الجزيئي. الخلط المناسب للأجزاء المناسبة من بعض أجزاء تكرير البترول والذي يمكن استخدامه لمختلف التطبيقات، ولكن، تلك الأجزاء تحتوي عادة كميات صغيرة من المركبات الغير مشبعة التي سوف تتأكسد عند ظروف التشغيل، مكونة الصمغ واللاقيحات. لذلك فإنه يجب حفظ مضادات الأكسدة (Antioxidants) مثل (Aminophenols) مع تلك الزيوت. ولكن هذه الزيوت يمكن أن يحدث لها بعض التحلل عملياً مع تكون جسيمات كربون صلبة. للمحافظة على جسيمات الكربون هذه عالقة في زيت التزليق، فإنه عادة يتم إضافة مركبات عضوية معدنية (Organo Metallic Detergents).

#### ٤. الطبقة الرقيقة للتزليق الحدي : (Boundary Lubrication)

تزليق السائل أو الهيدروديناميك يكون مؤثراً فقط إذا كانت طبقة المزلق لا يقل سمكها عن ١٠٠ وحدة أنجسترون ( $100\text{\AA}$ ). ولكن سمك الطبقة عادة يكون أصغر كثيراً عن تلك القيمة تحت ظروف التحميل العالي ومعدل الدوران البطيء، وأن التزليق يجب أن يستمر بطبقة حازرة والتي سمكها قد لا يزيد عن طبقة أو طبقتين من الجزيئات. إذا كان أقصى ضغط كبيراً حيث تكون طبقة الزيت هي فقط بسمك جزيئين أو ثلاثة من الهيدروكربونات أو تزليق سائل يتم استبداله بحاجز التزليق، فإن بعض القمم في الأسطح يمكن أن تكون أعلا من السمك، حيث يحدث بعض البرى أو الاحتكاك.

التزليق الحدي (وهو التزيت الرقيق الامتزازي اللاغشائي) أى (Boundary Lubrication) يحدث عندما لا يمكن استمرار طبقة السائل المستمرة والذي يحدث (أ) عندما يتم تشغيل عامود الإدارة بعد الراحة (ب) تكون السرعة بطيئة جداً (ج) الحمل يكون عالياً جداً (د) لزوجة الزيت تكون منخفضة جداً. فى مثل هذه الظروف لا يمكن استمرار طبقة السائل بين الأسطح، وإذا كان التزليق يلزم استمراره، يكون من المهم إدمصاص طبقة من المزلق على أسطح الحك بقوة طبيعية و/أو كيميائية. عندئذ تصبح أسطح المعادن قريبة من بعضها إلى حد كبير ولكن معزولة بطبقة من المزلق. مثل هذه الصفة للزيت والتي تمكن من استمرار طبقة حديه من الزيت بالادمصاص تسمى

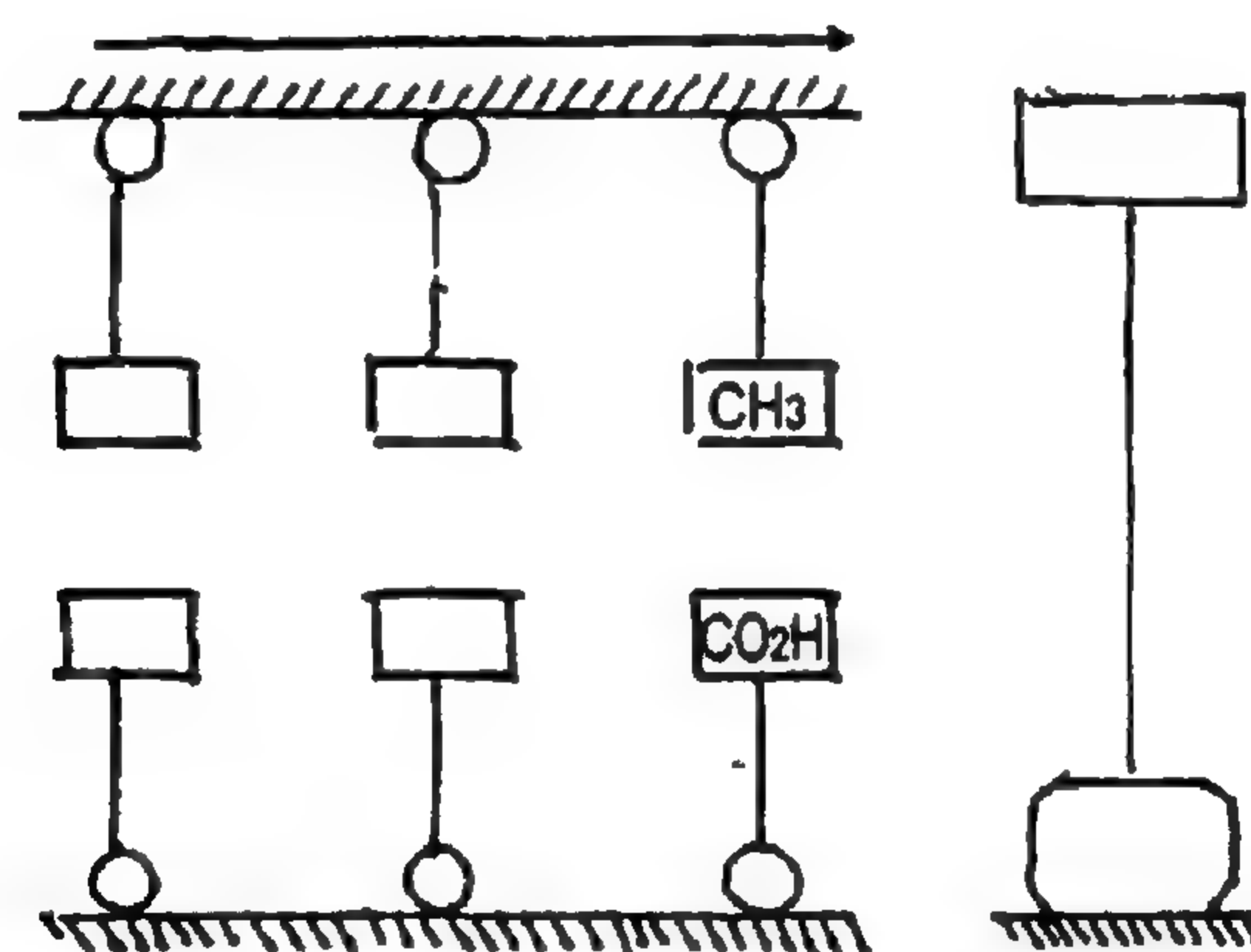
"التزيت (Oiliness). يتم حمل الحمل بواسطة طبقات من المزلق الذي تم إدمصاصه على سطح المعدن أو الذي يتفاعل كيميائياً مع سطح المعدن مكوناً طبقة رقيقة من صابون المعدن (Metal Soap) الذي يعمل كمزلق. هذا النوع من التزيت يسمى التزيت الحدي. معامل الاحتكاك في مثل هذه الحالات هو عادة بين ٠,٠٥ إلى ٠,١٥. عندما تسود طبقة السائل أو التزيت الهيدروديناميكي، فإن طبقة الزيت العازلة لمحمل مقعد العامود Journal من سطح التحميل تكون بالسبك الذي يؤكد أن القمم المرتفعة لكل سطح تكون بعيدة جيداً وأن الحركة تحدث بالقص المتتالي للطبقات للمزلق حيث يكون معامل الاحتكاك في كرسى تحميل معين يتوقف على لزوجة المزلق.

في حالة التزيت الحدي (Boundary Lubrication) فإن الفاصل بين الأسطح الغير لامعة (Matting Surfaces) تكون أصغر كثيراً، حيث تكون في قدر ارتفاع القمم السطحية. إذا حدث عندئذ ضغط لإخراج طبقة الزيت فإنه يحدث التصاق بين المعدن والمعدن الآخر، ويكون الحمل على النقاط المرتفعة وعلى مركز العامود وعلى كرسى التحميل، وسوف تتولد كمية كبيرة من الحرارة عندئذ فإن كلا السطحين يعملان على الالتحام معاً. عند التصاق السطحين معاً وعدم إمكان الحركة فإنه تحدث حالة التماسك (Seizure). أما في حالة استمرار الحركة مع إزالة بعض المعدن من السطحين فإن النتيجة تعرف بالتقشير (Scuffing).

عملياً كل من التماسك والتقشير تحدث لهما إعاقة أو تأخير بحقيقة أن المعادن تميل إلى تكوين طبقات على أسطحها وأن هذه الطبقات تمنع الالتصاق المؤقت بين المعدن والآخر. هذه الطبقات هي نتيجة الأكسدة أو أي تفاعل كيميائي عند سطح المعدن أو بامتصاص المزلق، أي أن طبقات رقيقة من المزلق تصبح مرتبطة جيداً بالسطح.

في حالة الطبقات الممتصة يكون انخفاض مقاومة الحركة نتيجة عزل السطحين بتلك الطبقات الرقيقة جداً، ويوصف خفض المقاومة بالتزيت (Oiliness). يختلف المزلاقات ذات اللزوجة الواحدة لها قدرة تزيت مختلفة. لقد عرفت قدرة التزيت بواسطة (Herschel) بأنها الخاصية التي تسبب الاختلاف في الاحتكاك عند استخدام

مزلقين بنفس اللزوجة وعند درجة حرارة واحدة للطبقة عند ظروف متشابهة. هذا التعريف ليس كافياً تماماً حيث مفاهيم قدرة التزييت مازالت غير واضحة. لا توجد طريقة معروفة لتقييمها إلا أن المعلوم جيداً أن الزيوت المثبتة (Fixed oils)، أى الزيوت النباتية والحيوانية لها قدرة تزييت أعلا مقارنة بالزيوت البترولية. وهذا يعود إلى المكون الكيميائى لهذه الزيوت، وخاصة محتواها من الحامض الدهنى (Fatty Acid). الزيوت المعدنية لها جزيئ متماثل بمجموعة (CH<sub>3</sub>) عند كل نهاية ولكن الأحماض الدهنية لها مجموعة (COOH) عند نهاية واحدة وقد كان ذلك توضيح لقدرة التزييت العالية للزيوت المثبتة. فقد اقترح (هاردى) أنه رغم رغبتها الكبيرة لأسطح المعدن، فإن مجموعة (COOH) تصبح مرتبطة بسطح المعدن، أما مجموعة (CH<sub>3</sub>) فتصبح مبعدة. هذا يوضح الصورة عند عزل سطحين غير لامعين بسلاسل جزيئية (Molecular chain) المرتبطة والمنجذبة لكل سطح بمجموعات نهاية (COOH) الموضحة فى الشكل (٣).



(أ) الحركة النسبية بين الأسطح

(ب) الحيود الجزيئى

شكل (٣) تزييت الأحماض الدهنية

كذلك فإنه اقترح أن الاحتكاك بين الأسطح يرجع إلى الأداء المشترك لمجالات قوى السطح، حيث زيادة العزل للسطح تعنى خفض التفاعل. هذا يوضح ببساطة الحقيقة المعروفة أن طول سلسلة جزيئى لأحماض الدهنية تزداد، ويقل الاحتكاك. العالمان (Bowden , Tabor) أوضحوا أن التفاعل الكيميائى هو بالأهمية الاولى وأن



زيادة قدرة التزييت للزيوت الدهنية مرتبط بخواص التزليق للصابون المعدني الناتج عند تفاعل مكون الحامض الدهني مع أسطح التحميل.

الحالات الحدية للتزليق ليست مثالية ولكن يمكن أن تسود عند بداية وتوقف المعدة وكذلك في ظروف الضغط العالي والسرعة المنخفضة مثل ما يحدث عند نهاية مشوار مكبس المحرك، لذلك فإنه يكون من المفيد، عند تساوى الظروف الأخرى، توفير مزلق له قيمة تزييت عالية. رغم أن الزيوت الدهنية لها قدرة تزييت أعلا من الزيوت المعدنية، إلا أنها تنكسر عند درجات الحرارة العالية ولذلك لا تكون مناسبة للاستخدام في اسطوانى محرك الاحتراق الداخلى. المحاولات التى تمت لتحسين قدرة التزييت للزيوت المعدنية، مع الاحتفاظ بميزتها الكبيرة فى الثبات الحرارى، تكون من إضافة كميات صغيرة من الزيوت الدهنية إلى الزيوت المعدنية لتوفير الزيوت المركبة (Compounded Oils). تلا ذلك إضافة الأحماض الدهنية نفسها وأصبح معروفاً بمحسنات التزييت (Oiliness Improvers) أو الإضافات (Additives).

تتوقف قدرة التأثير للمزلق الحدى، حتى زيادة ما تفعله فى تزليق السائل على المكونات والخواص الكيميائية للزيت. مزلق التروس عالية السرعة يمكن أن يتعرض لضغوط حتى ١٣٥٠٠٠ رطل على البوصة المربعة. الطبقة الرقيقة من الجزيئات يجب أن تتحمل الإزاحة بهذه الضغوط العالية. فى حالة التزليق الحدى، فإن الجزيئات يجب أن يكون لها (١) سلاسل طويلة من الهيدروكربونات (٢) انجذاب جانبى بين السلاسل (٣) مجموعات قطبية (Polar) لتعزيز البلل أو الانتشار والتوجه والتكيف على السطح، وللضغوط المرتفعة (٤) الذرات النشطة أو المجموعات لتكوين أربطة كيميائية مع المعدن أو سطح آخر.

مؤشر اللزوجة العالية، مقاومة الأكسدة الحرارية ونوعية المنظفات، الالتصاق، انخفاض نقطة الصب (Low Pour Point)، قدرة التزييت، والخواص الأخرى الضرورية لاستخدامات خاصة، كل هذه يتم تعيينها بواسطة كيمياء المزلق.



### ٣. التزليق عند الضغط الفائق : Extreme Pressure Lubrication

فى حالة تعرض أسطح الحك إلى ضغط على وسرعة عالية، فإنه تتولد حرارة احتكاك كبيرة. درجات الحرارة الموضعية التى تنتج فى هذه الحالة على الأسطح تجعل المزلقات العادية المستخدمة غير مؤثرة بسبب التحلل أو التبخر. وبهدف توفير تزليق مؤثر عند درجات الحرارة العالية والضغط العالى والظروف الشاقة هذه، فإنه تستخدم إضافات خاصة تسمى "إضافات الضغط الفائق (Extreme Pressure Additives) مع المزلقات. الكيمياء والنشطة المستخدمة عموماً هى مركبات الكلور (مثل الايستر المكلورة)، الكبريت (مثل الزيوت والشحوم المكبرتة)، والفوسفور (مثل ترائى كريسول فوسفات). خلال التفاعلات الكيميائية مع أسطح المعدن، عند درجات الحرارة السائدة، تكون تلك الإضافات طبقات سطحية صلبة من مركبات كلوريدات المعدن، ومركبات السلفيد، واحتمال الفوسفيدز. هذه الطبقات الحديه لها قوة قصى صغيرة نسبياً (مثال، كلوريد الحديد ٠,٢ ، كبريتيد الحديد ٠,٥) بحيث أن الحك بين السطحين يحدث فى الطبقة المضافة وبذا يتم حماية المعدن أسفلها.

نقطة الانصهار لطبقات مزلق الضغط الفائق مرتفعة (حيث كلوريد الحديد = ١٢٠٠ فهرنهيت، سلفيد الحديد ٢١٥٠ فهرنهيت) لذلك فإنها تظل ملتصقة بمعدن الأساس حتى فى حالة الظروف المرتفعة من درجة الحرارة. هذا بالإضافة إلى أن هذه المزلقات لها ميزة أخرى وهى أنه فى حالة تكون طبقات ذات قوة القص المنخفضة على الأجزاء المتحركة وتكسير هذه الطبقات بفعل الاحتكاك، فإنه يتم تعويضها فوراً. التطور الواعد الآخر فى هذا المجال هو تكون طبقات على الأسطح الغير لامعة للأجزاء أثناء تصنيع تلك الأجزاء.

توجد آليات معينة التى يكون فيها الحمل بين أسطح المعدن المتحرك على جداً بحيث أن السائل العادى أو الطبقة الحدية للمزلقات تكون غير قادرة على منع حدوث الاتصال للمعدن بالآخر. هذا فى حالة التروس ذات المحورين المتعامدين أو مختلفة المحاور (Hypoid Gears) المستخدمة فى محور الإدارة الخلفى للسيارة، فى ذلك

المستوى الحزوني للتروس توجد حركة انزلاق طويلة بالإضافة إلى الحركة التدرجية العادية، وتنتج درجة حرارة عالية. نتيجة لدرجات الحرارة العالية هذه يحدث كسر للمزلاقات العادية، خلاف التأثير المباشر للضغط العالية. مزلاقات الضغط الفائقة (Extreme Pressure) هي مواد التي ترتبط مع الأسطح المعدنية عند درجات الحرارة العالية، بما يعطى السطح طبقات التي يمكن أن يحدث عليها القص بسهولة عند الوصل بين المعادن التحتية. أحد هذه المركبات هو (Tricresyl Phosphate)، الذي يتفاعل مع الصلب عند درجات الحرارة العالية ليكون طبقة سطحية من فوسفيد الحديد، ذات درجة حرارة انصهار أقل كثيراً عن تلك للصلب نفسه. المركبات العضوية المحتوية على الكلور النشط أو على ذرات الكلور المستخدمة كذلك، فهي تتفاعل لإعطاء طبقات سطحية من كلوريد أو من سلفيد المعدن. هذه الطبقات تتكون عند درجات الحرارة العالية فقط، ومزلاقات الضغط الفائق ليست مزلاقات جيدة في ظروف التحميل العالي، حيث درجات الحرارة المتكونة تكون صغيرة نسبياً. لذلك فإن المزلاقات عادة تنتج بخلط إضافة الضغط الفائق مع مزلق الهيدروكربون، المضاف إليه بعض من الحامض العضوي، عندئذ يستمر التزليق المناسب عند درجات الحرارة المنخفضة بمزلاقات السائل والطبقة الحدية، بينما إضافة الضغط الفائق تتطلع بالمهمة عند درجات الحرارة العالية حيث حدوث الانصهار للطبقة الحدية.

إضافات الضغط الفائق مطلوبة كذلك في سوائل القطع (Cutting Fluids) المستخدمة كمزلاقات في ماكينات ذات المعادن القوية (Tough)، حيث يتم تغذية سطح القطع بكمية صغيرة من الحامض الدهني كمزلق حدي وإضافة من الكلوريد العضوي أو السلفيد. في عمليات القطع الخفيف يمكن أن يكون استخدام مستحلب بسيط من الزيت - الماء مناسباً.

تستخدم إضافات الضغط الفائق كذلك كمزلاقات في سحب السلك. بينما الصلب المطاوع، وحتى التتجستين يمكن سحبه خلال قوالب (فرم) مناسبة في حالة استخدام الجرافيت كمزلق، معادن أخرى مثل التيتانيوم لا يمكن سحبها تحت هذه الظروف.

التيتانيوم يمكن سحبه فى شكل سلك فى وجود الإضافة المحتوية على الكلور والتي تتفاعل مع طبقة الأكسيد الثابتة لسطح المعدن.

### ٥- المزلقات فى الحالات العادية المتطرفة والاستخدامات الخاصة :

#### أ- تزليق الغاز : Gas lubrication

تزليق كراسى التحميل بالغاز كان له اعتبار خاص بسبب مقاومته للإشعاع، المقاومة للسرعات العالية ودرجات الحرارة القصوى. الغازات التى استخدمت بنجاح لتزليق كراسى التحميل شملت الهواء، الهيدروجين، الأرجون، الهيليوم، النيتروجين، الأكسجين، ثنائى أكسيد الكربون، غاز هكزافلوريد اليورانيموم (Uranium Hexafluoride). الصفة المفيدة فى الغازات هى أن لزوجتها وبالتالي قدرتها على توليد ضغط هيدروديناميكى، تزداد بزيادة درجة الحرارة. لزوجة الغازات عادة تكون ليس لها علاقة بالضغط حتى (IMPa).

عند استخدام الغازات كمزلقات عند السرعات العالية، فإنه يمكن خفض بلى البدر والتوقف (Start - Stop wear) باستخدام مادة تغطية مقاومة للبلى (مثل ، كربيد التنجستن، أكسيد الكروم) وذلك لمرتكز العامود (Journal) وكراسى التحميل، أو باستخدام المزلقات الصلبة (مثل مواد Teflon MoS<sub>2</sub>).

#### الاستخدامات :

استخدمت حاويات الغازات فى محاور الدوران والمغازل بالغة الدقة، فى الموزعات (Circulators) التى تدار بالمحرك أو بالتربين، والمراوح، الضواغط، وفى البوصلة الدوارة لحفظ الاتجاه (Gyroscope)، جداول المحاكاة البيئية، أسطوانات الذاكرة (Memory Drums)، المحركات التربينية (Turbomachinery) .. الخ،

الحدود : بسبب اللزوجة المنخفضة جداً للغازات فإن الحمل الحدى بحوالى (١٥ - ٣٠ Mpa) للعمل بالرفع الخارجى لضغط الغاز فى الأداء الهيدروستاتيكي. هذا بالإضافة إلى أنه فى حالة فواصل التحميل الصغيرة فى حاويات الغاز يجب الحرص نحو خفض دخول جسيمات الأتربة ما أمكن، وكذلك الرطوبة، جسيمات اللبى.



## ب- المعادن السائلة :

مزلاقات المعادن السائلة (مثل، المعادن ذات درجة الانصهار المنخفضة، السيزيوم، الجاليوم، الزئبق، البوتاسيوم، الصوديوم، الروبيديوم، والصوديوم - البوتاسيوم) والتي استخدمت في الحالات حيث كانت درجة حرارة التشغيل أعلا من ٢٥٠°م وحيث تحلل معظم السوائل العضوية والماء ينتج ضغط بخار عالى.

سائل المعادن ذات نقط انصهار منخفضة المستخدمة كمزلاقات.

المعدن	نقطة الانصهار °م	نقطة الغليان °م
الزئبق	٣٩ -	٣٦٠
صوديوم - بوتاسيوم أصهوى	١١ -	٧٨٠
صوديوم	٩٨	٨٨٠
بوتاسيوم	٦٢	٧٦٠
جاليوم	٣٠	١٩٨٠
سيزيوم	٢٨	٦٧٠
روبيديوم	٣٩	٧٠٠

لزوجة المعادن السائلة تشبه لتلك للماء عند درجة حرارة الغرفة ولكنها تقترب من لزوجة الغازات عند درجات الحرارة العالية. طاقة الحمل الهيدروديناميكي مع كل من سوائل المعادن والماء في كراسى التحميل حوالى ٠,١ لتلك مع الزيوت.

الصوديوم-البوتاسيوم الأصهوى متاح تجاريا للاستخدام كسائل خلال مجال كبير من درجة الحرارة - ولكن، بسبب استعدادهما الزائد للأكسدة في الهواء، فإن تداولها والتخلص منها يكون خطرا. لهذا السبب فإن أصهوى الصوديوم - البوتاسيوم يتم استخدامه كمزلق فقط في الفراغ المقل أو في جو من الغاز الخامل من الهيليوم، الأرجون أو النيتروجين. كذلك فإن اختيار مادة التحميل المناسبة لسائل المعدن لدعم المحور الدوار أو الترددي يكون مدققاً. استخدام كربيد التنجستين كمادة أسمنتية بنسبة ١٠ - ٢٠% من رباط الكوبالت يعطى كفاءة ممتازة حيث عند العمل مع الموليدينوم تحت الأحمال الثقيلة عند سرعات منخفضة عند درجات حرارة حتى ٨١٥°م.



نقطة الانصهار المنخفضة لسبيكة (جاليوم - انديان - قصدير) وجد أنها تعطى كفاءة ممتازة للتحميل الحلزوني في التفريغ لأنابيب أشعة أكس عند سرعات حتى ٧٠٠٠ لفة في الدقيقة.

### ج- مزلاقات التحميل ذات درجات الحرارة المنخفضة :

#### Oryogenic Bearing Lubrications

سوائل الحرارة المنخفضة (مثل الأكسجين السائل، النيتروجين السائل، الهيدروجين السائل) تستخدم كوقود في نظم الدفع السائل للصواريخ، في الطلمبات المستخدمة في نقل كميات كبيرة من الغازات السائلة وفي التمددات التربينية في المبردات المسيلة. كراسي التحميل التي تعمل في سوائل مبردة متوفرة باردة لتشتيت حرارة الاحتكاك ولكن بسبب اللزوجة المنخفضة للسوائل، يتم الحصول فقط على تزيق هامشي. تستخدم عادة أغشية من التيفلون (Teflon) أو ( $MoS_2$ ) لمقاومة البلى ولمستويات منخفضة من الاحتكاك.

نظراً لأن السوائل الباردة لها لزوجة منخفضة، فإن عناصر تحميل الدرفلة (Roller) يبدو أن تكون أكثر كفاءة عن كراسي التحميل الهيدروديناميكية للطلمبات التربينية. يفضل عادة كرات الصلب المقاوم والحلقات بسبب مقاومتها العالية للتآكل.

### د- استخدام الزجاج في التزيق : Lubrication Using Glass

أنواع الزجاج اللين مثل السليكا المنصهرة، ٩٦% سليكا - صودا - جير، البورو سيليكيت، الألومينا سيليكيت تستخدم كمزلاقات للبتق، التشكيل وعمليات التشكيل الأخرى على الساخن مع سبائك الصلب أو السبائك ذات الأساس من النيكل حتى حوالي ١٠٠٠°م، وهي تستخدم كذلك في البثق (Extrusion) وتشكيل سبائك التيتانيوم والزركونيوم وتستخدم لدرجة أقل لبثق سبائك النحاس. للعمل كمزلق مثالي هيدروكربوني، فإن مكونات الزجاج يتم اختيارها لتوفير اللزوجة المناسبة عند متوسط درجة الحرارة للقالب وقطعة الشغل (10 - 100 Pa). مزلاقات الزجاج يمكن استخدامها في شكل شعيرات أو مسحوق للقالب أو قطعة الشغل الساخنة، أو كدغة (Slurry) مع

عامل رباط من البولمرات لقطعة الشغل قبل التسخين. استخدمت مزلاقات الزجاج لتشكيل المواد السيراميك عند درجات الحرارة العالية. العوامل البيئية والصحية :

قوانين حماية البيئة فى كثير من دول العالم تمنع التخلص من المزلاقات فى المجارى المائية، وفى حفر التخلص من المخلفات وفى أى قنوات بيئية أخرى. حوالى ٥٠% من مخلفات التزليق يتم حرقها كوقود، عادة مع الخلط بمخلفات الخام ووقود التقطير. سوائل مخلفات تشغيل المعادن المائية يمكن معالجتها بالطرق التقليدية لإزالة الزيوت .. الخ للحصول على نوعية المياه المناسبة للتخلص.

المواد الأرومانية متعددة الحلقات (Polycyclic Aromatics) فى زيت الأساس والإضافات هى الأكثر سمية والمكونات الأكثر خطورة فى زيوت التزليق. إضافات التزليق مثل

(Phenyl 1-2 Naphthyl amine , Sodium Nitrite Plus Amines , Chlorinated Naphthalenes , Tricresyl phosphate High in Ortho- cresol Isomer)

مركبات الرصاص، وبعض مركبات الكبريت تلك من بين المكونات الخطرة - زيت المحرك المستخدم يمثل زيادة فى النشاط السرطانى مقارنة بالزيوت التى لم تستخدم. يجب تجنب الالتصاق مع المزلاقات، زيوت تشغيل المعادن، زيوت التبريد التى كانت فى الخدمة وحدث لها تحلل كثير عند درجات الحرارة العالية أو الملوثة بالمعادن السامة أو البكتريا.

هـ- المزلاقات المستخدمة فى الصناعات الغذائية :

المزلاقات ذات المستوى الغذائى يجب إعدادها من المنتجات البترولية عالية النقاء والتى تم تنقيتها إما بالمعالجة بالحامض أو بالهدرجة للتخلص من كل المركبات الغير مشبعة، المواد الأرومانية، والمواد المسببة للألوان.

المتطلبات الحقيقية لمزلاقات التى تلتصق مع المواد الغذائية فإنه يجب استخدام المزلاقات الآتية.

١- الزيوت المعدنية البيضاء ذات المستوى الغذائي أو الفازلين الغذائي تستخدم فقط في أغراض التزليق مثل عوالم التحرر في إنتاج المخبوزات، الحلويات، الخضراوات أو الفاكهة المجففة، بياض البيض.

٢- تستخدم الزيوت البيضاء ذات الدرجات المعنية في صناعة لفائف الألومنيوم لتعبئة المواد الغذائية، وفي صناعة غذاء الحيوان وللماكينات المستخدمة في الصناعات الغذائية.

#### و- التزليق في نظم المفاعلات النووية :

يلزم استخدام المزلقات للتحكم في أعمدة التشغيل (Rod Drivers) وفي الضواغط، وطمبات تدوير المبرد، محابس تشغيل المحرك، ومحابس تداول الوقود لنظم المفاعلات النووية.

درجة التلف الناتجة عن المزلق في نظام المفاعل النووي تتوقف على إجمالي الطاقة الإشعاعية الممتصة بسبب إشعاع (Y) أو القصف بالنيوترونات (Neutron Bombardment). وحدة الطاقة الإشعاعية الممتصة هي Gray ويرمز لها بالرمز (Gy)، والذي يساوي  $1 \times 10^{-6}$  جول ممتص لكل جرام من المادة، أو  $0.01 \text{ Gy} = 1 \text{ Rad}$  واحد راد (1 Rad). التغيرات الأولى التي تلاحظ بزيوت التزليق ذات الأساس البترولي عند جرعة حوالى  $10^4 \text{ Gy}$  هي تصاعد الهيدروجين وغاز الهيدروكربونات الخفيفة كفتات من الجزيئات الأصلية. عدم التشبع الناتج يؤدي إلى خفض الأكسدة - الثبات والتشابك المتقاطع (Cross linking) والبلورة، أو الانشقاق. العديد من الزيوت البترولية تظهر الميل نحو زيادة اللزوجة مع زيادة جرعة الإشعاع. عموماً، الجرعة التي تعطى ٢٥% زيادة عند  $40^\circ \text{م}$  - لزوجة أخذت كحد مقبول في كثير من استخدامات المزلق. الجرعات الأعلى تنتج زيادة في الكثافة، تكون حماء ومشاكل في التشغيل والتي تتداخل مع كفاءة زيت التزليق.

الشحوم المكونة من زيت البترول المكثف بصابون الليثيوم، صابون الكالسيوم أو صابون الصوديوم تعاني من تفتت بناء الصابون الغروي عند جرعات أكبر من  $10^\circ$



Gy يلى ذلك ليونه الشحوم لتصبح سائل عند جرعات أعلا، تحدث بلمرة للزيت بما يؤدي إلى الصلابة الكلية للشحم.

بعض الحشومات ذات المكونات المقاومة للإشعاع مثل مركبات polyphenylether Oil، ومواد التكثيف الغير صابونية تحافظ على القوام المناسب لأغراض التزليق حتى عند  $10^{10}$  Gy.

### ز- مزلفات التحلل البيولوجى : biodegradable Lubricants

التحلل البيولوجى يمكن تعريفه بأنه التحلل الذى يحدث للمادة بالنظم البيولوجية. الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى الزيت ستحاول استخدام أى مادة متاحة كمصدر للطاقة والكربون وذلك بتكسيرها إلى كيماويات بسيطة التى يمكن أن تهضمها تلك الكائنات الدقيقة. لذلك، فإن التحلل البيولوجى الأولى يتضمن تحول المادة الأصلية إلى كيماويات بسيطة. التحلل البيولوجى الكلى يشمل تحول المادة الأصلية كلية إلى مواد أخرى وهى  $CO_2$ ، الماء، كتلة ميكروبية جديدة، مادة غير عضوية لا تهضم فى حالة وجودها. تصنف المادة بأنها قابلة للتحلل البيولوجى إذا كانت نسبة تحللها فى الاختبار القياسى تزيد عن مستوى الغرض المعين.

تطوير المزلفات القابلة للتحلل البيولوجى ظهر من العلاقات خلال تراكم المركبات الهيدروكربونية فى رواسب بحيرة فى سويسرا، هذه المركبات الهيدروكربونية وجد أنها من الزيوت المعدنية المستخدمة كمزلفات فى المحركات الخارجية للقوارب.

تم تطوير المزلفات ذات التحلل البيولوجى للمحركات ذات الشوطين المبنية على الإسترات المخلقة (Synthetic Esters)، وهذه متاحة حالياً فى اليابان وفى أماكن كثيرة من أوربا. مزلفات أخرى قابلة للتحلل البيولوجى وجد أنها تستخدم فى معدات هيدروليكية متحركة وفى سلسلة المنشار. الشحوم القابلة للتحلل البيولوجى لتزليق الهيكل القاعدى للسيارة تم إنتاجها كذلك.

فى حالة التحلل البيولوجى يعتبر وجود الأكسجين عامل أساسى. كذلك فإن القدرة على التحلل البيولوجى تتناسب عكسياً مع درجة تشعب التسلسل فى البناء الهيدروكربونى. اعتبارات أخرى للبناء الجزيئى قد تكون هامة.



يصنع كلاً من البولى إيثيلين جليكول والبولى بروبيلين جليكول ببلمرة أكسيد الإيثيلين وأكسيد البروبيلين على التوالى. وهذه تعرف بالبولى جليكول (Poly Glycols). هذه البلمرات هى عبارة عن إثير أى كحولات (Ethers) وتحتوى على أكسجين فى بنائها ولذلك فإنها تستجيب للتحلل البيولوجى. المزلق المثالى القابل للتحلل البيولوجى سيكون ذلك الذى يوفر كل خصائص الكفاءة المطلوبة للمكافئ له من زيت التزليق المعدنى. وتلك تشمل السيولة وإمكانية الضخ عند درجات الحرارة المنخفضة، الثبات الحرارى، الثبات ضد الأكسدة، طاقة القدرة على التحميل، الحماية من التآكل والبلى، وعدم تلف الاستحلاب، وخاصية عدم الرغاوى والزبد، تحمل المياه، وإمكانية الترشيح. ولكن لسوء الحظ فإنه لا يوجد مزلق قابل للتحلل البيولوجى يحقق كل تلك المتطلبات والمتاح غير مكافئ للمزلاقات ذات الأساس من الزيوت المعدنية التى تحتوى على الهيدروكربونات التى يمكن أن تتحمل ظروف طبيعية وكيميائية حادة.

الزيوت الهيدروليكية القابلة للتحلل البيولوجى المبنية على زيت بذور اللفت (Rapeseed Oil) لها حدود بالنسبة السيولة عند درجة الحرارة المنخفضة، الثبات الهيدروليكى، إمكانية إزالة الاستحلاب، والثبات ضد الأكسدة عند درجات الحرارة المرتفعة، هذا بالإضافة إلى أنها أكثر تكلفة مقارنة بالمكافئ لها من الزيوت المعدنية. الحدود التقنية للمزلاقات السائلة القابلة للتحلل البيولوجى يمكن التغلب عليها جزئياً بضبط مكونات المنتج وصياغته. هذه عادة يعنى زيادة تركيزات الإضافات الكيماوية المصممة لتحسين الكفاءة. ولكن فإن هذا يمكن أن يكون له الآثار البيئية الآتية:

(١)- ضعف التحلل البيولوجى للإضافات قد يؤدى إلى الخفض فى التحلل البيولوجى الكلى للمنتج.

(٢)- الطبيعة الخطرة لبعض تلك الإضافات قد يؤدى إلى زيادة التسمم البيئى. استخدام الإيسترات المخلقة بدلاً من الأيسترات (Esters) الطبيعية مثل زيت بذور اللفت يوفر كفاءة أفضل، ولكن الإضافات تكون لازالت مطلوبة، كذلك يلزم بعض التوافق بالنسبة لبعض القواعد. درجة التوافق لازمة تتوقف على طبيعة المنتج

ومساحة الاستخدام. بعض المنتجات مثل شحوم هيكل قاعدة السيارة ومزلقات الطيران، يتم تجهيزها من بين الإسترات المخلقة لأسباب فنية. في مثل هذه التطبيقات حيث يوجد تلوث واضح للبيئة، فإن التحلل البيولوجي للمزلاقات يحقق فائدة هامة، حتى ولو كان المنتج مكلف مادياً.

## الفصل الثالث

### تقسيم المزلقات





## تقسيم المزلقات : (Classification of Lubricants)

يمكن تقسيم المزلقات كالاتى :

١- المزلقات الصلبة : مثل الصابون الحجرى، الجرافيت، تلك، الطباشير، الميكا، التيفلون، المولبدينوم داى سلفيد ..الخ.

٢- المزلقات شبه الصلبة : مثل الشحوم، الفازلين ..الخ.

٣- المزلقات السائلة :

أ- الزيوت الثابتة مثل زيت الزيتون، زيت النخيل، زيت الخروع ..الخ.

ب - الزيوت الحيوانية مثل زيت الحوت، الخنزير، زيوت شحم الحيوان ..الخ.

ج- الزيوت المعدنية مثل مشتقات البترول.

د- الزيوت المخلوطة أو الزيوت المركبة مثل الزيوت المعدنية مع مختلف الإضافات لتوفير الخواص المطلوبة.

هـ- الزيوت المخلقة مثل (Silicones , Fluolubes) ..الخ.

٤- المستحلبات :

أ - مستحلب الزيت فى الماء مثل مستحلبات القطع.

ب - مستحلب الماء فى الزيت مثل سوائل التبريد.

١- المزلقات الصلبة :

تستخدم المزلقات الصلبة فى الحالات الآتية :

١- المعدات الثقيلة التى تعمل فى الخامات حيث الأحمال العالية جداً والسرعات البطيئة.

٢- حيث لا يمكن المحافظة على استمرار طبقة المزلق السائل أو شبه الصلبه أو أن وجودها غير مرغوب فيه كما فى حالة سكاكين عكس التيار ثمحركات والمولدات الكهربائية.

٣- حيث الأجزاء المطلوب تزليقها ليس من السهل الوصول إليها.

٤- حيث درجات حرارة التشغيل المرتفعة والضغط العالى بما لا يمكن من استخدام المزلقات السائلة التى يسهل حرقها.

كثير من المزلقات الصلبة تحتوى على حبيبات أو جسيمات والتي يمكن أن تتلف الأجزاء الحساسة للمعدة. لذلك، فإنها تستخدم فقط فى حالات خاصة مثل تلك السابق ذكرها.

### تقسيم المزلقات الصلبة :

المزلق الصلب هو المادة التى تعزل سطحين متحركين تحت ظروف حديه وتقلل من كمية البلى.

الأنواع المختلفة من المزلقات الصلبة يمكن أن تنقسم تقليديا إلى درجات مختلفة كالآتى :

#### ١- المزلقات الإنشائية Structural Lubricants

وهذه تشمل مواد مثل الجرافيت، سلفيد المولبدينوم، التلك، الميكا، مواد التربة الدودية (Vermiculite) .. الخ. حيث خصائصها فى التزليق ترجع إلى البناء الشبكي لطبقتها. هذه تعمل بالانقسام خلال نفسها وتثبت على أو فى سطح التحميل.

#### ٢- المزلقات الميكانيكية :

وهذه تشمل المعادن والبلاستيك وتتصف بخاصية الفقد طوعية بالبلى (Sacrificed Wear). وهى تكون طبقة ملتصقة مستمرة على أسطح الحك وتقلل من البلى للأسطح.

#### ٣- الصابون : Soaps

وظيفة الصابون هو العمل كمزلقات صلبة وكذلك تكوين مركبات فى سطح المعدن بالتفاعل بين الأحماض الدهنية والمعدن.

#### ٤- المزلقات ذات النشاط الكيميائى :

وهذه تشمل إضافات الضغط الفائق وكيمائيات أخرى والتي تتفاعل مع سطح المعدن لإنتاج طبقة تزليق. مثال، عوامل الأكسدة، الكلوريدات، أملاح الفوسفات (Phosphates).

#### ٥- الحرارية ، السيراميك ، الزجاج :

وهذه تستخدم فى الأغراض العسكرية وفى صناعة الصواريخ. الجمع بين المواد الحرارية يعمل جيداً كمزلقات فى فترة قصيرة عند درجات الحرارة المرتفعة. وظيفة

الزجاج هي الليونة عند درجات حرارة التشغيل والمساعدة في التزليق الهيدروديناميكي.

هذه التقسيمات رغم أنها اختيارية إلا أنها مفيدة.

### نظرية عمل المزلقات :

عند التصاق سطحين متحركين، فإن المساحة الحقيقية للتصاق (A) تكون أصغر

كثيراً عن المساحة الظاهرية ويمكن تمثيلها كالتالي :

$$(1) A = \frac{W}{P_m}$$

حيث :

$W$  = الحمل ،  $P_m$  = نقطة الخضوع

من التصاق المعدن - بمعدن آخر

$$(2) F = A S_m$$

حيث

$S_m$  = قوة القص لوصلات المعدن، لذلك فإن

$$(3) \frac{F}{W} = f = \frac{A S_m}{A P_m} = \frac{S_m}{P_m}$$

وهذا يبين أن معامل الاحتكاك ( $f$ ) يتوقف على المساحة الحقيقية للتصاق ويمكن خفضه بخفض قوة القص أو بزيادة نقطة الخضوع (Yield Point). يمكن تحقيق ذلك باستخدام مزلقات صلبة التي لها قوة قص منخفضة عند سطح المعدن والتي ترتبط بقوة على سطح المعدن.

في حالة تغطية السطح بطبقة مزلق صلبة بحيث يقل كثيراً الالتصاق بين المعدنين عندئذ تكون المعادلة (٢) يمكن أن تتحدد كالتالي :

$$(4) F [a S_m + (1+a) S_f] A$$

حيث :

$a$  = نسبة المساحة الظاهرة إلى مساحة الالتصاق الحقيقية،

$S_f$  = قوة القص للمزلق الصلب

$$f = \frac{F}{W} = \frac{a S_m}{P_m} + \frac{(1-a)}{P_m} S_f$$

من المعادلة (١) ، (٤)

مع التغطية المناسبة للأسطح بالملزق الصلب فإن (a) تقترب من الصفر وهذا يعنى أن قوة الجذب تتحدد بقوة القص للمزلق الصلب وضغط الخضوع (Yield pressure).

المزلاقات الصلبة المستخدمة عادة تشمل الجرافيت، سلفيد الموليبدنيوم، التلك، الميكا، الطباشير الفرنسى، نيتريد البورون..الخ من بين تلك المزلاقات الصلبة الأكثر استخداماً هي الجرافيت (فى الشكل الغروى - Colloidal Form)، سلفيد الموليبدنيوم ( $\text{MoS}_2$ )، كلاهما له بناء طبقي (Laminar). الجرافيت يتكون من شبكة من حلقات الكربون السداسية المنفصلة عن الطبقة العليا لوحدة بلورة الخلية بحوالى ٦,٧٩ وحدة أنجسترون. سلفيد الموليبدنيوم له بناء يشبه الساندويتش حيث تقع طبقة ذرات الموليبدنيوم بين طبقتين من ذرات الكبريت.

عند استخدام الجرافيت كمزلق بين سطحين غير مستويين، فإنه يقوم بملئ الوديان على السطح، وبذا يجعل السطح أكثر استواءً، يلى ذلك انزلاق الجسيمات فوق بعضها البعض مع حركة أسطح المعدن، بالإضافة إلى أن ذرات الكربون فى الجرافيت تكون منظمة فى سداسيات منتظمة فى طبقات مستوية متوافرة وكل ذرة تكون متصلة برابط التكافؤ الإسهامى (Covalent Bonds) مع ثلاث ذرات ولكن مسافتها من الرابعة تكون أكثر من الضعف - لذلك هذا الرابط الرابع للتكافؤ لا يكون ثابتاً ولكنه يتحرك ولذلك فإنه لا يوجد رباط قوى بين مختلف الطبقات وهذا هو السبب فى ليونة وخاصية التزلق للجرافيت.

سلفيد الموليبدنيوم له جاذبية نوعية أعلا من الجرافيت ولكنه أكثر ليونة إلى حد ما. كلا هاتين المادتين يمكن استخدامهما كمسحوق جاف، أو فى شكل إرسولات من أوعية الفريون المضغوط، أو كعجينة، شحوم أو سائل مشئت. تشئت الجرافيت يسمى الجرافيت الغراونى (Aquadag) وفى الزيت يسمى (Oil Dag) الجرافيت الزيتى. مستحضرات ( $\text{MoS}_2$ ) متاحة تجارياً فى شكل المستحضر الزيتى (Oil Dag) والمسمى (Molykotes) حيث وجد أنه مفيد فى محركات الاحتراق الداخلى لأنه يكون طبقة بين



الأسطوانة وحلقات المكبس بما يوفر إحكام عدم التسرب لزيادة الضغط لخليط الهواء - الوقود. كما وجد أن الجرافيت الغروي أنه مفيد عملياً في الحالات عندما يكون المطلوب المزلق الخالي من الزيت. فقد استخدم في ضواغط الهواء، وفي عمليات المخارط، والمعدات المستخدمة في الصناعات الغذائية. الجرافيت، ( $\text{MoS}_2$ ) لهم استخدام آخر كبعض أنواع الشحومات.

الجرافيت ودائى سلفيد الموليبدنيوم من المزلاقات الهامة عند درجات الحرارة العالية وعند الضغط العالى جداً، حيث أن معامل الاحتكاك لتلك المواد يكون منخفضاً طالما أنه لم يتم الوصول إلى درجات الحرارة اللازمة للتحلل. المحمل اللازيتى والذي يحمل مزلاقات زيتية ذاتية ( $\text{Oil-Less Bearings}$ ) يتم تحضيره بتلييد ( $\text{Sintering}$ ) المعدن حيث يستخدم فى هذا الجرافيت أو داي سلفيد الموليبدنيوم لملئ المسام أو لتشريب الجوانات البلاستيك.

الطبقة الصلبة لتزليق السطح المفيدة فى مركبات الفضاء تصنع من ( $7\% \text{ Graphite} + 70\% \text{MoS}_2$ ) ملتصقين بواسطة ٢٣% من السليكات ( $\text{Silicates}$ )، وهذه الطبقة يمكن أن تتحمل درجات الحرارة المرتفعة جداً، الضغوط المنخفضة، الإشعاعات النووية.

التيفلون له معامل احتكاك منخفض جداً واستخدم كمادة لتزليق فى البيريسكوبات، خرطوشات النحاس الأصفر ( $\text{Brass}$ )، ترس طلبمات الجازولين، محابس الأكسجين، والآليات تحت الماء.

المعادن نفسها تعمل كمواد لتزليق فى حالة انصهارها أثناء الإنزلاق، سبائك التحميل المصنوعة من المعادن ذات درجة حرارة الانصهار المنخفضة مثل القصدير والرصاص، استخدمت كثيراً. قريباً الطبقات الرقيقة من الإنديام ( $\text{Indium}$ ) حيث حرارة انصهاره  $155^\circ\text{C}$  استخدمت لتزليق كراسى التحميل من الصلب، والتي تخفض معامل الاحتكاك من ٠,٨ (على السطح النظيف) إلى ٠,٠٥ (على السطح المغطى بالانديام).

## ٢- المزلاقات شبه الصلبة :

أهم المزلاقات شبه الصلبة هي الشحوم والفازلينات :

شحوم التزليق تستخدم في الحالات الآتية :

(١) عند عمل الماكينة بسرعات بطيئة وضغوط مرتفعة.

(٢) في حالات الدفع والطرطشة الغير متعمد للزيت من كراسي التحميل يشكل

خطورة للمنتج الجارى تصنيعه كما في حالة ماكينات النسيج، صناعة

الورق والمنتجات الغذائية..الخ. تعتبر الشحومات مثالية في مثل هذه

الحالات نظراً لأنه لا يحدث منها طرطشة حيث يتم التصميم لتظل في

مكانها.

(٣) في الحالات حيث يصعب استمرار الزيت في مكانه بسبب ضعف العزل أو

التشغيل المتقطع.

(٤) في الحالات حيث كراسي التحميل يلزم عزلها ضد دخول الأتربة، والغبار،

الماء، الرمال.

شحم التزليق يعرف عموماً بأنه مجموع شبه الصلب والصلب من منتج البترول

والصابون أو خليط من الصابون، مع مادة ملئ أو بدونها، والمناسب لأنواع معينة من

التزليق. الشحوم هي أساساً مادة غروانية جيلاتينية التي فيها الخيوط الدقيقة أو عناصر

البناء هي الصابون المعدني، والسائل المحتجز هو زيت التزليق.

الشحومات يتم تحضيرها بنشر عامل التحول إلى الهلام (Gelling Agent) في

زيت التزليق والذي عادة ما يكون من مشتقات البترول، ولكن في حالة الشحوم

الخاصة، تستخدم زيوت مصنعة مثل (Flouro cabons, Siloxanes, Aliphatic

Esters) عامل التحول إلى الهلام المستخدم عادة هي أنواع الصابون K, Mg, Pb, Ba,

Ca, Li, Na, Al وكذلك الأحماض الدهنية مثل (StearicAcid, OleicAcid) أحماض

Carboxylic التي يتم الحصول عليها من الشحم الحيواني،..الخ.

الدور الرئيسي للصابون في الشحم (١) فهو يعمل لزيادة الكثافة (٢) يمكن الشحم

من الالتصاق جيد أعلى سطح المعدن (٣) طبيعة الصابون تحدد درجة الحرارة التي

عندها يمكن استخدام الشحم، قوامه، المقاومة للماء، المقاومة للأكسدة، المقاومة ضد الكسر مع الاستخدام المستمر وقدرته على المكوث في المكان.

خواص الشحم تتوقف على طبيعة وكمية عامل زيادة الكثافة (Thickner) المستخدم، الإضافات المستخدمة (في حالة وجودها)، وخواص زيت الأساس والطريقة التي يتم بها تحضير الشحم.

معظم الشحوم العادية تصنع بعوامل زيادة الكثافة من الصابون. المحتوى من الصابون يكون عموماً ما بين ٧ إلى ١٨% ولكن في حالات خاصة يمكن أن يرتفع ليصل إلى ٥٠% أو يقل ليصل إلى ٣%. عوامل التكتيف الغير صابونية مثل أسود الكربون (Carbon Black)، المواد الأسفلتية، والبوننتيت المعالج بمركبات الأومنيوم الرباعية.. الخ. استخدمت كذلك في صناعة الشحوم. مصطلح الشحوم (Grease) استخدم كذلك للمزقات الشبه صلبة التي تم تحضيرها من الجرافيت، الطباشير، التالك، الميكا بالخليط مع الزيوت المعدنية، وكذلك مع بعض الإضافات من الدهون، الشموع والمخلفات البترولية.

بعض الاعتبارات الهامة حول استخدام الشحوم هي كالاتى :

(١) الشحوم تبدى معاملات احتكاك أعلا من الزيوت بسبب زيادة كمية الشغل اللازمة في قص طبقة التزليق. لذلك، كلما أمكن، فإنه يفضل استخدام الزيت بدلاً من الشحوم، لتجنب ما سبق ذكره.

(٢) الشحوم لا يمكن أن تشتت الحرارة بطريقة مؤثرة من كراسى التحميل نتيجة لذلك فإن شحوم التزليق لكراسى التحميل للشغل تكون عند درجات حرارة مرتفعة مقارنة في حالة استخدام زيوت التزليق.

(٣) الشحوم مع التخزين تميل إلى الانفصال إلى الزيت والصابون.

(٤) مع الاستخدام الثابت، فإن الزيت في الشحم يتطاير.

(٥) الشحوم لا تحتاج عناية كثيرة مثل الزيوت ولذلك فإنها أكثر مناسبة للاستخدام.

(٦) الشحوم قادرة على أحمال أكبر عند سرعة منخفضة بسبب مقاومتها العالية للقص.

الشحوم من الصابون - الزيت ذات الأساس من الصابون الصوديومى أو الكالسيومى هي المستخدمة عادة. هذه الشحوم تصنع عموماً بعملية التصبين (Saponification) لمحلول زيت دهنى في زيت معدنى مع إيدروكسيد الصوديوم (Na)

(OH) أو إيدروكسيد الكالسيوم ( $\text{Ca (H)}_2$ ) ثم التقليب مع الزيت الطافى للوصول إلى القوام المطلوب. الشحوم المغلية (Boiled Greases) يتم تحضيرها بالصابون المنتج بتسخين الزيت الدهنى مع القلوى وخط الصابون المنتج مع زيت المحاور (spindle Oil - وهو زيت معدنى قليل اللزوجة) أو مع زيت تزليق كثيف له اللزوجة الصحيحة المناسبة لاستخدام معين.

**الشحوم ذات الصابون الكلسيومى :**

### **Limero Calcuim- Soap- Base Greases**

وهذه تعرف بشحوم الأكواب ذات القوام الجامد (Cup Greases)، وهى الأكثر استخداماً والأرخص سعراً، لها مقاومة جيدة للإزاحة بالماء ومناسبة لتزليق ظلمبات المياه، الجرارات، حصيرة الجر المجنزرة (Caterpillar Treads) الخ. يمكن تحضيرها فى مجال كبير من القوام، من العجينة اللينة إلى الجامدة، المادة الناعمة بتغيير كمية صابون الجير من ١٠ إلى ٣٠%، ولكن هذه الشحوم لا يمكن استخدامها عند درجة حرارة أعلا من 65°م ذلك لأنها تتلف وتفقد الماء. شحوم الأكواب يتم تحضيرها من الدهون، زيت التزليق، الجير المطفى  $\text{Ca (OH)}_2$ .

### **الشحوم ذات الصابون الصوديومى : Sodium - Soap Greases**

هذه الشحوم لها خواص جيدة عند درجات الحرارة المرتفعة حيث يمكنها الإمساك بالماء بقوة بسبب ارتفاع درجة حرارة انصهارها وبنائها الشعيرى ولذلك يمكن استخدامها حتى 175°م. ولكن، نظراً لأن صابون الصوديوم يذوب فى الماء، فإن هذه الشحوم ليست مناسبة لكراسى التحميل المعرضة للظروف الرطبة.

### **الشحوم ذات الصابون الليثيومى :: Lithium - Soap Greases**

هذه الشحوم تجمع بين مميزات الشحوم ذات الأساس الكلسيومى وذات الأساس الصوديومى، بمعنى خواص جيدة عند درجة الحرارة العالية، الخواص الجيدة لمقاومة الماء. لذلك فإنها شحوم ممتازة ومتعددة الأغراض ولها مجالات كثيرة للاستخدام. فلها ثبات ميانيكى عالى، أكسدة منخفضة والثبات عند التخزين. ولها درجة حرارة انصهار مرتفعة (حوالى 150°م). التحضير الجيد للمزلاقات ذات الأساس من الليثيوم لها



استخدام فى مجال الطائرات حيث يمكن أن تكون درجة الحرارة منخفضة حتى -55°م عند الارتفاعات العالية والمزلق المستخدم يجب أن يوفر مهمة التحكم فى مثل هذه الحالات. بسبب أسعارها المرتفعة فإنها تستخدم فى تطبيقات خاصة فقط.

### الشحوم ذات الأساس من الباريوم : (Barium Base Greases)

وهذه تتصف بالمقاومة الفائقة للإزالة من كراسى التحميل بالماء، والالتصاق الجيد، درجة حرارة الانصهار المرتفعة والمحافظة على القوام أثناء الخدمة. وهى تستخدم على نطاق واسع كمزلق متعدد الأغراض لمعدات الحقول وللسيارات، ولعديد من الاستخدامات الصناعية.

### شحوم صابون القلفونية : (Rosin Soap Grease)

شحم صابون القلفونية يتم تحضيره من زيت القلفونية الذى يحتوى على العديد من أحماض التصبين مثل حامض (Abietic). يتم إذابة زيت القلفونية فى زيت التزليق ثم يترك للتفاعل عند 58°م مع رده من الجير المطفئ  $Ca(OH)_2$ ، الزيت المستحلب والماء يسمى قضيب الغرس (Sett). الشحم المنتج يعرف بالشحم الثابت على البارد (Cold Set Grease). وهو يستخدم أساساً كشحم المحور (Axle Grease) لشاحنات الحقول والماكينات ذات السرعة البطيئة. وهذه أرخص أنواع الشحوم. بهدف منع الشحوم من أن تضغط إلى الخارج تحت الأحمال الثقيلة، فإنه يتم إضافة مواد ملى مثل التلك، الميكا إلى تلك الشحوم الثابتة (Set Greases). تستخدم شحوم القلفونية كذلك على أى كراسى تحميل ثقيلة، بطيئة الحركة كشحوم التروس ولتزيق المنحنيات فى مسارات القضبان الحديدية فى الشوارع.

الشحوم المطبوخة باللهب يتم تحضيرها بطرد الماء عند حوالى 60°م من الصابون الصوديومى للزيت الحيوانى ولزيت الحوت أو لزيت القلفونية المخلوط مع زيوت أسطوانات المحركات اللزجة (cylinder Oil)، زيوت المعدنية قليلة اللزوجة لعامود الدوران الرفيع (Spindle Oil). ولها درجة حرارة انصهار جيدة وبناء شعيرى. الشحوم الأسفنجية - الشعرية يتم تقليبيها لإزالة المواد المتطايرة (Volatiles) بينما الشحوم على شكل قوالب "Block" يتم تحضيرها بنفس الطريقة ولكن بدون تقليب. شحم القالب له درجة حرارة انصهار حتى 540°م وتستخدم لتزيق كراسى التحميل الثقيلة جداً، الشحوم الباردة "Cold" يتم تحضيرها عند درجات حرارة

منخفضة نسبياً، وذلك بمعادلة الأحماض الدهنية من زيت السمك أو من الزيت النباتي وخلط الصابون الذي يتم إنتاجه مع زيت قليل اللزوجة (Spindle Oil). الشحوم ذات الأساس من الكالسيوم المصنعة بهذه الطريقة من زيت القفونية (Rosin Oil) تسمى الشحوم الثابتة (Set Grease).

الشحوم الغير صابونية يتم تحضيرها عادة من مواد زيادة الكثافة الغير صابونية مثل أسود الكربون، السيليكا جيل، الطفلة المطورة، الصبغات العضوية..الخ. كثيراً منهم مناسب للتطبيقات عند درجات الحرارة المرتفعة. خواص الشحوم الصابونية التي تم وصفها يمكن تطويرها بإدخال الإضافات مثل أنواع صابون أخرى لإنتاج أساس من الصابون المخلوط، أحماض دهنية خاصة، عوامل التثبيت، زيادة الكثافة بالمواد الغير عضوية، والمزلاقات الصلبة لزيادة مجال الاستفادة منها. فمثلاً، مادة قثاليت الفحاس تقلل الاستعداد للأكسدة للشحوم وتساعد على المحافظة على قوامها حتى 150°م، كما تستخدم السيليكا جيل، الطفل المطور، أسود الأسيتلين كموااد تغليط وزيادة الكثافة (Thickeners).

شحوم السيليكون المصنعة من زيوت التزليق المخلقة (Synthetic) لها مؤشر لزوجة عالي، مقاومة للأكسدة، ومقاومة للماء. الشحوم المصنعة من (Fluorinated Deisters) لها ثبات جيد عند درجات الحرارة المرتفعة.

لاختيار الشحوم للاستخدام العملي يتم عمل الاختبارات الآتية وهي : القوام، الاختراق، نقطة السقوط، الرماد، رقم ثبات الماء والتعادل.

#### ١- اختبار القوام والتماسك : (Consistency Test)

التماسك أو قيمة الخضوع (Yield Value) يعرف بأنه المسافة بعشر المليمترات التي يخترقها القمع القياسي عمودياً في العينة تحت الظروف القياسية للحمل، درجة الحرارة والوقت. القيم القياسية للاختبار هي كالاتي :

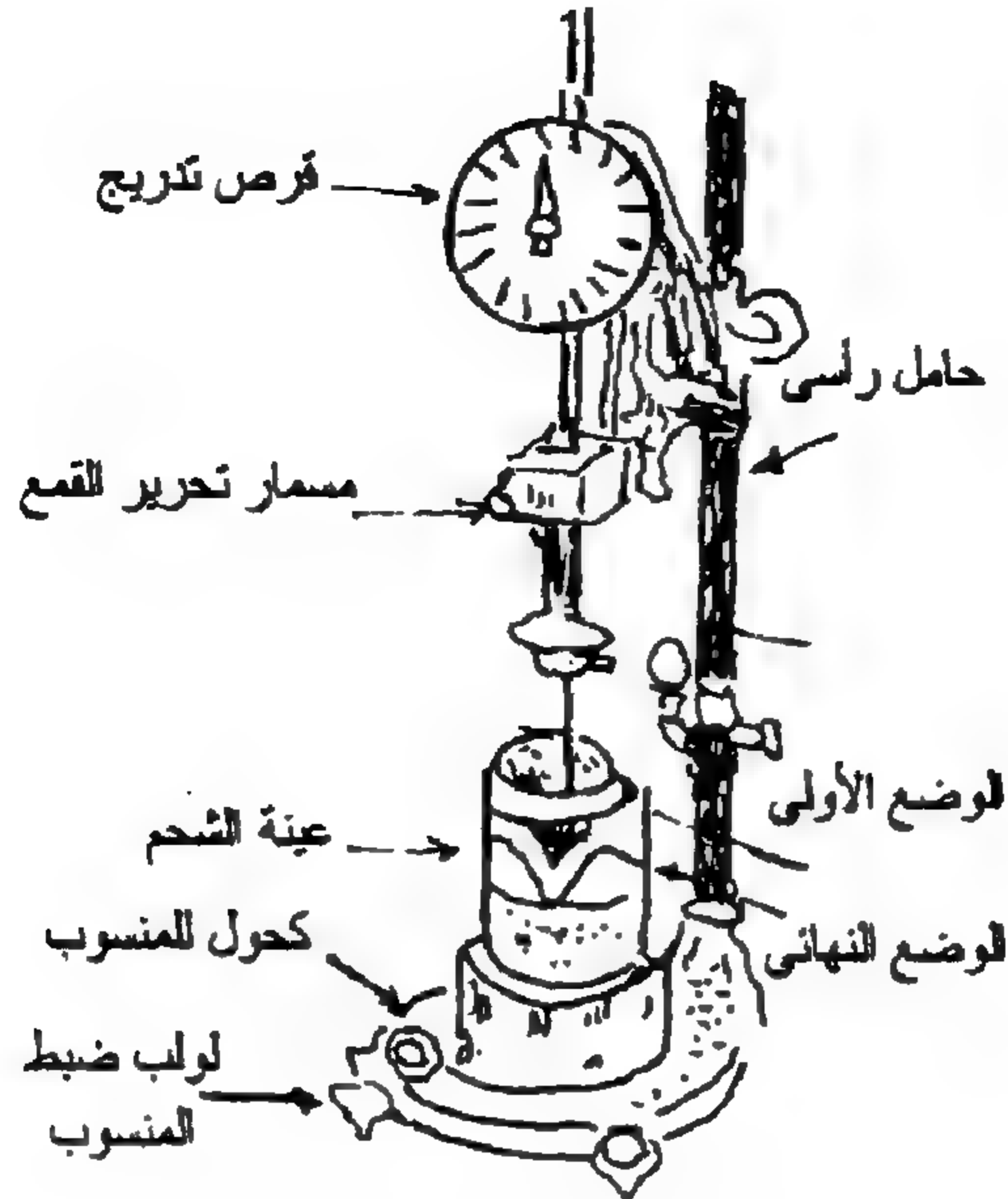
الحمل - ١٥٠ كجرام.

درجة الحرارة - 25°م.

الوقت - ٥ ثوان

قوام الشحم خاصية ذات أهمية كبيرة من وجهة النظر العملية ويتوقف على بناء وخواص عامل الهلام (Gelling Agent) وعلى الزيت (مثل: اللزوجة، المستخدم في

تحضير الشحم، الجهاز المستخدم لتعيين القوام للشحم يسمى مقياس الاختراق (Penetrometer) شكل ٤.



شكل (٤) جهاز قياس الاختراق

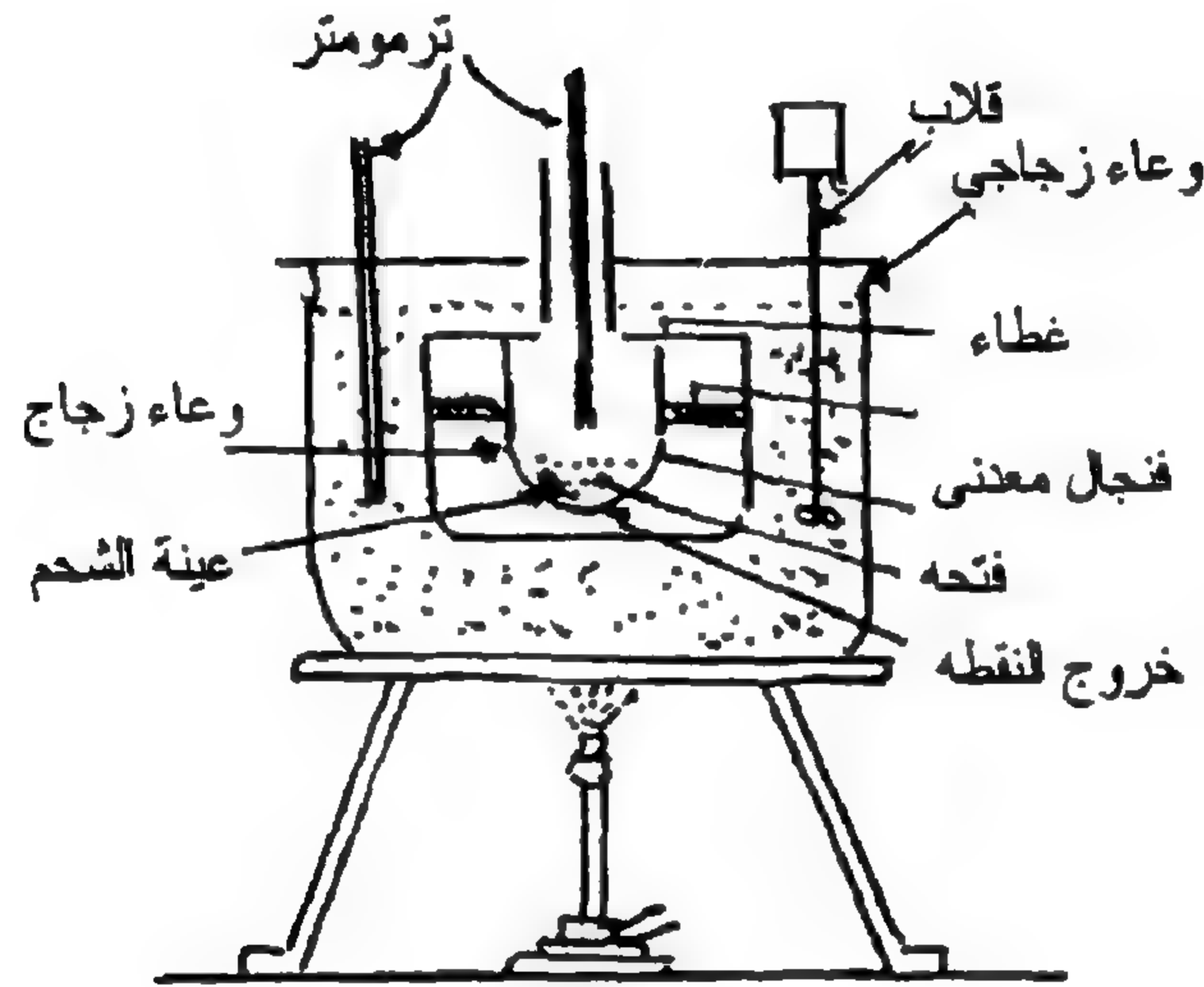
ويتكون من قاعدة ثقيلة مصنوعة من سبيكة الحديد الزهر ومجهزة بمسمار ملولب لضبط الاستواء، وميزان تسوية كحولى (Spirit Level)، لوحة مسح مستوية (Plain Table) للمحافظة على الصندوق المحتوى على الشحم الجارى اختباره. يتم تثبيت القاعدة بقضيب من الحديد يسمى الحامل الرأسى (Vertical Support) المزود بماسك متحرك ولولب الذى بمساعدته يمكن تثبيت القاعدة عند أى العلامات المتقبة فى القضيب . الماسك مزود بتدريج مستدير (قطره ١ كم) ومدرج بالمليمترات . يوجد قضيب متحرك للعداد خلف العداد، وهذا القضيب مزود بتجهيزة تعشيق التروس (Clutch) الذى يمكن من توصيله أو فصله من العداد المستدير. القمع القياسى (١٥٠ جرام) يثبت عند الطرف السفلى لقضيب العداد المتحرك. مرآة الضبط المتصلة بالحامل الرأسى تساعد فى الوضع المناسب للقمع قبل التجربة بدون خطأ فى الزيوغ البصرى. للبدء بالاختبار يتم تسوية الجهاز باستخدام لولب ضبط الاستواء وميزان التسوية الكحولى. تتم النظافة الجيدة للقمع القياسى، يتم وضع الصندوق المحتوى على عينة الشحم أسفل القمع على اللوحة على القاعدة. بمساعدة المرآة، يتم ضبط القمع بحيث يكون طرف القمع يلمس فقط عينة الشحم. يتم تسجيل القراءة الأولية على العداد



ثم يتم تحرير القمع لمدة خمسة ثوان فقط تماماً وذلك بضغط الزر. بعد خمسة ثوان تماماً التي يتم قياسها بالساعة الميكانيكية، يتم تحرير الزر وأخذ القراءة النهائية على العداد. الفرق بين القراءة الأولية والنهائية يتم تسجيلها كقيمة الخضوع (Yield Value).

## ٢- اختبار نقطة السقوط : (Drop Point Test)

تعرف نقطة السقوط بأنها بدرجة الحرارة التي عندها تمر الشحوم من الحالة شبه الصلبة إلى الحالة الصلبة. وهذا يحدد الحد الأعلى لدرجة الحرارة التي يصل إليها يمكن أن تصبح الشحوم مزلقات مناسبة. الجهاز المستخدم لتحديد نقطة السقوط موضح في الشكل (٥).



شكل (٥) جهاز اختبار نقطة الصب (السقوط)

يتم وضع عينة الشحوم في فنجال معدني به فتحة في القاع ذات أبعاد قياسية. الفنجال يكون مثبت في حافظة زجاجية ذات غطاء مثلث بإحكام. يتم غرس ترمومتر في الفنجال بالطريقة حيث تكون بصيلة الترمومتر مجرد فوق سطح عينة الشحم تحت الاختبار. التجهيز الكلي يتم عندئذ تعليقه ووضعها في قدر زجاجي به ماء، والذي يكون مجهزاً بترمومتر وتجهيزه تقليب. يتم تسخين القدر ببطى كهربياً أو بواسطة موقد بمعدل 1م كل دقيقة. مع ارتفاع درجة الحرارة فإن عينة الشحم تتصهر وعند درجة حرارة معينة فإن أول نقطة تخرج من فتحة الفنجال المعدني وتسقط إلى أسفل. درجة الحرارة هذه تسجل كنقطة السقوط لعينة الشحم.



## أ- الزيت النباتي :

الزيوت النباتية تحتوى على (Glycerides) للأحماض الدهنية العالية. مع تحللها بالتسخين وليس التقطير فإنها تسمى الزيوت المثبتة (Fixed Oils). وتلك كانت المزلقات المستخدمة عادة حتى الثورة الصناعية وتنمية صناعة البترول. فى الواقع، فإن حدودها أصبحت واضحة فقط فى النصف الأخير من القرن ١٩، حيث يتم استبدالها بالمزلقات المعدنية بعد ذلك حتى فى عام ١٨٩٠، كانت المزلقات المستخدمة لمختلف المعدات كالآتى :

م	الغرض	الزيت المستخدم كمزلق
١	الماكينات العادية	زيت بذور اللفت، الزيوت المعدنية المتوسطة، زيت الشحم الحيوانى.
٢	أسطوانات البخار	زيوت معدنية ثقيلة، زيوت بذور اللفت، شحم الحيوان، شحم الخنزير،...الخ.
٣	الساعات	زيوت معدنية خفيفة، زيت الزيتون، زيت العنبر المنقى والمستخرج من الحوت، زيت الحوافر (Neast foot Oil)
٤	للضغط العالى والسرعة البطيئة	زيت شحم الحيوان، زيت شحم الخنزير، زيت النخيل، الشحوم...الخ.
٥	للضغط العالى والسرعات العالية	زيت عنبر الحوت، زيت بذور اللفت، زيت الخروع، زيوت معدنية متوسطة.
٦	للضغوط الخفيفة والسرعات العالية	زيت عنبر الحوت، زيت البترول المنقى، زيت بذور القطن، زيوت بذور اللفت، الخروع، والزيوت المعدنية.

كما كان مقررأ فى التوصيات السابقة أن الزيت المعدنى يتم استخدامه مع تلك الزيوت كلما أمكن ذلك، وخاصة فى علبه أسطوانات البخار، لأن الزيوت الدهنية يمكن أن تتحلل عند درجة الحرارة المرتفعة منتجة أحماض دهنية التى تكون عدوانية وتتلف

النحاس والحديد..الخ، مكونة الصابون المعدني الذي يسبب التلف للوصلات. أهمية المزلقات الحديدية لم تكن مقدرة في ذلك الوقت. التكلفة النسبية كانت العامل الهام الذي تسبب في استبدال الزيوت النباتية والحيوانية بالزيوت المعدنية فيما بعد.

الزيوت المثبتة (Fixed Oils) لها خاصية التزيب "Oliness" ذلك لأنها تمتاز على سطح المعدن بتماسك وتثبت (Tenaciously) وتوفر معامل احتكاك منخفض وطاقة تحميل عالية مقارنة بالزيوت البترولية (المعدنية). لذلك، فإنها عادة تضاف إلى الزيوت المعدنية لتحسين خاصية التزيب للأخير ومثل هذا الخليط يسمى الزيوت المخلوطة (Blended Oils). الزيوت المثبتة تستخدم كذلك في تحضير الشحوم والمستحلبات المستخدمة في عمليات القطع (Cutting Emulsions). الزيوت المثبتة لا تتحلل بالحرارة أو التقطير. الزيوت المثبتة أكثر تكلفة بالإضافة إلى ندرتها. وهي تتحلل في وجود الماء ولها استعداد كبير للأكسدة والتحلل عند درجات الحرارة العالية مكونة منتجات حامضية وصمغية والتي تسبب التلف للأجزاء المعدنية. بسبب كل ما سبق فإنها لا تستخدم حالياً كما هي ولكن بالخلط مع الزيوت المعدنية للحصول على الخواص المطلوبة مثل خاصية التزيب.

الزيوت النباتية مثل زيت بذرة القطن، زيت الخروع، زيت بذرة اللفت يتم تحضيرها بطحن البذور وعصرها. وإن كانت تستخلص بالطرق البدائية للعصر مثل التي تعمل يدوياً أو باستخدام الحيوانات، ولكن في نهاية القرن الثامن عشر فإن المكابس الهيدروليكية صارت البديل لطاقة الرياح والماء في تشغيل معدات العصر تلك. حالياً، أصبح المعتاد هو استخدام العصارات (Expellers) التي تعمل بالضغط العالي أو العصارات التي تعمل بالضغط المنخفض حيث يلي ذلك الاستخلاص باستخدام المذيب. عملية الاستخلاص بالمذيب تتكون من غسيل البذور المضغوطة في مادة بترولية لاستخلاص الزيت المتبقى ثم التقطير لاستعادة الزيت والمادة البترولية. الاستخلاص بالمذيب أكثر تكلفة عن عملية العصر بالضغط العالي ولكن استعادة الزيت تكون مرتفعة.

بعض الزيوت النباتية الهامة المستخدمة كمزلقات هي كالاتي :

(أ) زيت الزيتون (أو الزيت الحلو) : يستخرج زيت الزيتون بعصر ثمار الزيتون أو باستخلاص الثمار بواسطة ( $CS_2$ ). الزيت لونه أخضر يميل إلى الأصفر وله جاذبية

نوعية ٠,٩١٤ إلى ٠,٩١٩. وهو مادة تزليق جيدة لأجزاء المعدة التى تعمل عند ضغوط منخفضة وسرعات عالية، وهو مكلف، ويميل إلى التحلل مع التخزين ويتغلط وينعقد عند صفر درجة مئوية.

(ب) زيت الخروع : ينتج بعصر البذور لونه أصفر يميل إلى البنى له جاذبية نوعية من ٠,٩٥ إلى ٠,٩٧٤، به محتوى عالى من حامض (Ricinoleic)، وله لزوجة عالية، ومعامل احتكاك منخفض ويذوب فى الكحول ولا يذوب فى البترول، يستخدم فى صناعة الدواء، الطباعة والبلاستيك. وهو مزلق جيد لكراسى التحميل والمعدات التى تعمل عند ضغط منخفض وسرعات عالية. استخدم فى الماضى فى عربات السباق وفى محركات الطيران من النوع الدوار فى العقود السابقة، سلبياته الرئيسية هى أنه عند الاستخدام فى المحركات الثقيلة فإنه يتأكسد إلى مواد صمغية وحامضية.

(جـ) زيت بذور اللفت : هذا أكثر الزيوت الدهنية استخداماً فى صناعة زيت التزليق، وذلك بعد أن كان زيت للوقود. وهو مزلق جيد للمعدات العادية، وللمعدات التى تعمل عند سرعات عالية وضغط عالى وكذلك لاسطوانات البخار، ويستخدم للخلط مع الزيوت المعدنية. عند التغليط بنفخ الهواء فإنه يمكن استخدامه لزيادة لزوجة الزيوت الأخرى.

زيت النخيل وزيت نوى النخيل : زيت النخيل ينتج بغلى وهرس ثمار شجر النخيل، بينما زيت النوى يتم الحصول عليه بطحن النوى. الكثافة النوعية لزيت النخيل هى ٠,٩٢١ إلى ٠,٩٢٥ والكثافة النوعية لزيت النوى هى ٠,٩٣، تلك الزيوت تستخدم فى تزليق الأجهزة الدقيقة مثل الساعات والأجهزة والمعدات العلمية المعملية.

زيت بذرة القطن : يتم استخلاص الزيت بعصر البذور مع فصل شعيرات القطن وهو يستخدم كزيت طعام. يمكن زيادة لزوجته بنفخ الهواء حيث يمكن استخدامه كمكثف لزيادة كثافة زيوت التزليق، له جاذبية نوعية ما بين ٠,٩١٣ إلى ٠,٩٣٠.

ب- زيوت الدهون الحيوانية : يتم استخلاص الدهون الحيوانية والزيوت من الدهن الخام بعملية تسمى (Rendering)، حيث يتم فى هذه العملية تدمير الأنسجة الحاوية بالمعالجة بالبخار أو بالأداء المشترك لكل من البخار والماء.



## أ- دهن الخنزير وزيت دهن الخنزير :

دهن الخنزير يتم استخلاصه بتدمير الأنسجة والمعالجة بالبخار. دهن الخنزير هو دهن غير غذائي ومحتواه منخفض من الأحماض الدهنية الحرة وأحياناً يباع كشحوم والتي تصنف كشحوم بيضاء أو صفراء، وذلك طبقاً للجزء من جسم الحيوان التي أخذت منه. عند تبلر الدهن عند درجة حرارة محكمة بحرص، فإن استيارين (Stearine) الدهن يتبلر ويعزل حيث يمكن عندئذ استخلاص زيت دهن الخنزير بالضغط. زيت دهن الخنزير عادة يستخدم كزيت قطع ولتزيق أجزاء الماكينات العادية، له جاذبية نوعية ٠,٩١٥ واللزوجة عند 38°م هي ٢٠٦ ثانية درجة تجمد الزيت هي 27°م.

## ب- دهن الماشية وزيت دهن الماشية :

دهن الماشية يتم استخلاصه بمعالجة الدهن بالبخار لتكسير الأنسجة، وقد استخدم هذا الدهن في الماضي كمزلق للأسطوانات في محركات البخار ذات السرعة البطيئة. زيت دهن الماشية يتم الحصول عليه بالتسخين حتى درجة السيولة ثم المكوث عند 26°م إلى 32°م. الاستيارين الذي تم فصله يستخدم في صناعة الشموع، زيت دهن الماشية له كثافة نوعية ٠,٩٤ ولزوجة عند 38°م هي ٢٣٠ ثانية. يمكن استخدامه كمزلق كما هو أو بالخلط مع الزيوت المعدنية.

## ج- زيت الحوافر :

زيت الحوافر يتم الحصول عليه من الماشية والأغنام بعد ذبحها وذلك باستخلاصه في مراحل للتسخين بالبخار وكشط الدهون، ويتم تعريض الدهن إلى الحرارة التي تمكن من تبلر الاستيارين وفصله من الزيت بالضغط. يتم تصنيف الزيت طبقاً لنقطة التكرار أو التخميم (Cloud Point) والتي تعتمد على درجة تصنيع الزيت. لونه أصفر شاحب وله جاذبية نوعية ٠,٩١٦ ولزوجة عند 38°م هي ٢١٥ ثانية يستخدم في تهذيب الجلود كمزلق للأجهزة مثل الساعات وماكينات الخياطة.

## د- زيوت السمك (Fish Oils) :

### (١) زيت العنبر (Sperm Oil) :

زيت العنبر هو أخف الزيوت الدهنية وله جاذبية نوعية من ٠,٨٨ إلى ٠,٨٨٤ المصدر الرئيسي لهذا الزيت هو محتويات تجويف أنف حوت بحر الشمال. يتم غلى هذه المحتويات أو فجوات الرأس في بعض أنواع الحيتان وعند التبريد فإنه يرسب شمع العنبر الذي يمكن



استخلاصه بالتبريد والترشيح بالضغط. زيت العنبر لونه أصفر شاحب وله استعداد ليصبح صمغى ولكن ليس عدوانياً، وهو (Glyceride) أى إيستر جلسرين مثل باقى الزيوت النباتية والحيوانية ولكن من بين مكوناته الشمع. زيت العنبر يعتبر زيت معدنى قليل اللزوجة (Spindle Oil) جيد ومناسب للمكينات الخفيفة.

## (٢) زيت عجل البحر : (Seal Oil)

عجل البحر يتم صيده لجلده وزيوته. يتم استخلاص الزيت من نفس الأجزاء كما فى حالة زيت الحوت. الجاذبية النوعية ٠,٩٢٤ إلى ٠,٩٣٣ واللون يتراوح من لوش القش الأصفر إلى البنى وله رائحة الأسماك.

### هـ- تكرير الزيوت الدهنية :

الزيوت النباتية والحيوانية يلزم معالجتها قبل الاستخدام. يتم تبريد الزيت حتى انفصال الإيسيتارين. ثم يتم ترشيح الزيت خلال كربون الفحم الحيوانى أو بالمعالجة بتراب القصار (Fuller's Earth) لإزالة اللون وتلميح الزيوت. يتم معادلة الأحماض الدهنية الحرة بإضافة كمية محسوبة من الصودا الكاوية.

التكرير الكيميائى يتكون بالمعالجة بحامض  $H_2SO_4$  ثم إزالة المتبقى من الحامض بالغسيل. حامض الكبريتيك يزيل الملوثات العالقة بكربنتها وتروبيها وترسيبها، ثم يتم أخيراً ترشيح الزيت.

### ن- الزيوت المعدنية (Mineral Oils) :

الزيوت المعدنية يتم تحضيرها من الأجزاء الثقيلة التى يتم الحصول عليها من تقطير وتجزئة زيت البترول الخام عند الضغط الجوى. يتم التقطير بالتفريغ لتلك الأجزاء الثقيلة المتبقية (التفريغ لأقل من ٤٠ ملمبتر) من برج الفقاعات ويتم جمع جزء زيت التزليق. باستخدام التقنيات الحديثة للتكرير يمكن إنتاج مجال كبير من زيوت لتزليق الجيدة من أى نوع من خام البترول ولكن يلزم درجة عالية من التكرير والتنقية، والذي يزيد من قيمة وسعر المنتج النهائى.

زيت التزليق الجيد يجب أن يكون له لزوجة جيدة نسبياً، مؤشر لزوجة عالى، ثبات جيد، نقطة صب منخفضة ومقاومة الأكسدة. عموماً الزيوت ذات الأساس من

شمع البارفين لها مؤشر لزوجة جيد، ولكنها تحتوى على شمع الذى يرسب عند درجات الحرارة المنخفضة ويتداخل مع حرية تدفق الزيت. الزيوت ذات الأساس من النافثا (Naphthenic) تحتوى على الأسفلت والذى عند درجات الحرارة المرتفعة يميل إلى تكون الصمغ. المكونات الأروماتية (Aromatic) كذلك تعطى سريعاً منتجات متلفة غير مرغوبة والتي لها مؤشر لزوجة ضعيف.

الزيوت ذات الأساس الأسفلتى تعطى فقط أجزاء مقطرة من زيت التزليق (حيث الأسفلت يترك كمتبقى فى عملية التقطير) ولكن خام الأساس من البارافين يمكن أن يعطى زيوت تزليق من التقطير ومن المتبقى (الثقيل). ولكن معظم خامات البترول تكون من النوع المخلوط ويمكن أن تعطى مزلاقات من التقطير ومن المتبقى. المقطرات من الخام ذو الأساس من النافثا يلزم معالجتة بالصدودا الكاوية لإزالة أحماض (Naphthenic Acids) ثم إعادة تقطيرها.

العملية الرئيسية فى تنقية زيت التزليق (المناسب لمحركات السلندرات) هو لإزالة الشمع، المادة الأسفلتية والمكونات الأروماتية الشموع الصلبة تتبلر عند درجة الحرارة المنخفضة وتؤثر على خاصية السيولة لزيت التزليق فى الخدمة. الملوثات سهلة الأكسدة تسبب تكون ترسيبات أثناء حالات التشغيل.

الملوثات الأسفلتية والنفثية، والراتنجية تتحلل عند درجات الحرارة العالية بما يؤدي إلى ترسيب الكربون والرواسب الأخرى (sludges). لذلك فإن الملوثات يتم إزالتها بطرق التنقية الآتية :

#### (١) إزالة المواد الشمعية (Dewaxing).

فى الطرق التقليدية القديمة يتم التبريد يبطئ لزيت التزليق حيث يتبلر الشمع ويزال بعملية الترشيح بالضغط.

لإزالة الشمع الغير بلورى (Amorphous)، يتم تخفيف الزيت بضعف حجمه من النافثا (Naphtha) (النافثا مزيج بترولى درجة غليانه بين 90°م إلى 150°م) ثم التبريد أو التثليج. الشمع المرسب يتم فصله من محلول زيت النافثا بالطرد المركزى عالى السرعة، ويتم إزالة النافثا بالتقطير.

الطريقة الحديثة هي بخلط الزيت مع الحجم المناسب من مذيب مناسب (مثل البروبين، وخليط من البنزين والأسيتون، للتراى كلورو إيثيلين، أو خليط من البنزين والإيثيلين داى كلوريد) وتنتج الخليط إلى درجة الحرارة المطلوبة عندما يرسب الشمع من الزيت. يتم فصل الزيت والشمع باستخدام المرشحات المستمرة أو أجهزة الطرد المركزي، يتم فصل الزيت من المذيب بالتقطير.

## (٢) التنقية بالحامض :

زيت التزليق الذى قد تخلص من المادة الشمعية لا يزال محتوياً على مكونات غير مرغوبة النفطية (Naphthenic)، والأسفلتية، والتي يجب إزالتها لإنتاج زيت تزليق منجز ومعد.

يتم ذلك بالتقليب الجيد للزيت مع الكمية المطلوبة من حامض الكبريتيك المركز، والذي يعمل كمذيب لبعض المكونات ويتفاعل كيميائياً مع الأخرى ليكون رواسب من القار (Tarry Sludge). يتم فصل الزيت ومعالجته بالأمونيا أو بالصودا الكاوية أو بالالتصاق مع مادة تراب القصار (Fullers Earth) المطحونة عند ١٠٨ إلى 230°م. المعالجة الأخيرة تساعد كذلك فى إزالة لون الزيت وكذلك تثبيته. الحمأة القارية المرسبة يمكن أن تستخدم كوقود. الترشيح بالترسب خلال مادة تراب القصار هو الخطوة الأخيرة فى التنقية فى كثير من الحالات.

## (٣) التنقية بالمذيب : (Solvent Refining)

فى هذه العملية يتم اختيار المذيب المناسب حيث تكون إذابته للملوثات الغير مرغوبة مثل المكونات النفطية والأسفلتية والراتنجية أكثر من إذابته للزيت. المذيبات الهامة المستخدمة اليوم تشمل (NitorBenzene, Chlorex, PP-Dichloro Diethyl-Ether, Phenol, Furfural) -خليط من Propane, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, SO<sub>2</sub> (الذى يذيب البارافينات ويقلل إذابة المكونات الغير مرغوبة به فى هذا الجزء) وخليط من الفينول والكريزول (الغير قابل للامتزاج مع محلول الزيت - البروبين يكون مذيب جيد للمكونات النفطية، الأسفلتية، الراتنجية) وهذا يستخدم كذلك.

الطريقة العامة للتنقية بالمذيب هي بالتصاق الزيت مع المذيب المناسب (والذى يكون غير قابل للامتزاج مع الزيت) وذلك فى عملية تدفق معاكس. قسم الزيت الذى



تتم استعادته يتكون من زيت تزليق مكرر محتويًا على معظم هيدروكربونات البارافينية ومذيب قليل الذي يمكن فصله بالتقطير. قسم المذيب المحتوى على مختلف الملوثات المستخلصة من الزيت يتم تقطيره لاستعادة المذيب الذي يمكن إعادة استخدامه. الحماية المتبقية بعد التقطير يمكن استخدامها كوقود أو كمصدر للأسفلت، أو كمادة يتم خلطها من شحنة التكسير.

التنقية بالمذيب اقتصادية أكثر من المعالجة بالحامض. كذلك، فإن التنقية بالمذيب تمكن من إنتاجية مرتفعة من الزيت النقي والذي يكون له متبقى قليل من الكربون ومؤشر لزوجة مرتفع. ولكن الزيوت التي يتم تنقيتها بالمذيب أقل بالنسبة لمقاومة الأكسدة وكذلك بالنسبة للتزيت (Oliness). وهي تميل إلى التخليط عند الاستخدام مكونة طبقات من الرواسب التي تشبه الك (Lacquers) على الأجزاء الساخنة من المحرك. المثبطات الطبيعية للأكسدة الموجودة في أقسام زيت التزليق الخام يبدو أنه تم إزالتها تماماً في عملية التنقية بالمذيب على غير ما يحدث في عملية التنقية بالحامض. الميزة الهامة مع التنقية بالمذيب هي أنها تمكن من إنتاج زيت تزليق بسعر مناسب من الزيوت الخام والذي لم يكن من الممكن أن يكون مصدراً للمزلاقات عندما كانت عملية التنقية بالحامض هي المتاحة. الزيوت المعدنية استبدلت إلى حد كبير الزيوت النباتية والحيوانية ذلك لأن سعرها منخفض ومتاحة بكميات كبيرة، كما أنها تتصف بالثبات في ظروف الخدمة ويمكن إعادة تنقيتها بعد الاستخدام. معرفة السليبات للزيوت المعالجة بالمذيب التي تم ذكرها أدت إلى نجاح الأبحاث بالنسبة للمواد التي يمكن إضافتها بكميات صغيرة إلى تلك الزيوت لتحسين الخواص المطلوبة مثل التزيت، مقاومة الأكسدة، مقاومة التخليط أثناء الاستخدام.. الخ.

### ج- الزيوت المخلوطة أو المركبة : (Btended Drcompounded Oils)

الهدف الرئيسى من طرق التنقية التي تم ذكرها هو لتحسين الخواص المطلوبة لزيوت التزليق بإزالة المكونات الغير مرغوبة. فى السنين الأخيرة حدث تطور فى تحسين الزيوت النقية بإضافة كميات صغيرة من مختلف الإضافات. الزيوت التي تم تحضيرها بهذا الأسلوب عرفت بالزيوت المخلوطة أو الزيوت المركبة.



الغرض الرئيسى من نظم الإضافة المختلفة والمجال الكبير الكيماويات المستخدمة  
فى التصنيع لهذا الغرض موجزة فى الجدول التالى:  
جدول الإضافات ووظائفها.

م	الإضافة	الكيماويات المستخدمة	وظيفتها
١	٢	٣	٤
١	منظفات ومزيلات الرغبات وتفريقها Detergents and Deflocculants	أملاح الكالسيوم أو الباريوم القلوية للفوسفات أو السلفونيت، بعض أملاح الفينول.	خفض أو منع الرواسب فى المحركات التى تعمل عند درجات الحرارة المرتفعة
٢	مواد مشتتة Dispersants	البلمرات مثل : Nitrogen Containing Polymethacrylates, Alkyl Succinimides, الأمينات والأميد ذات الوزن الجزيئى العالى	تمنع وتؤخر تكون رواسب الحمأه وترسيبها عند حالات درجة حرارة التشغيل المنخفضة.
٣	مضادات الأكسدة	الفينولات، الأمينات، السلفيدات العضوية، الفوسفيدات العضوية.. الخ.	تأخير أكسدة الزيوت، خفض تكون الراتنجات، الورنيشات، الأحماض، والبلمرات والرواسب.
٤	مثبطات التآكل	المركبات للعضوية المعدنية، Zinc Dithiophosphates, Sulfurized Terpenes, Phosphorized Terpenes	
٥	مثبطات الصدأ	Amine Phosphates, Alkyl	حماية المعادن

الحديدية من الصدأ	Succinic Acids, Fatty Acids, Sodium and Calcium Petroleum Sulphonates		
خفض البلى السريع في الصلب، عند استخدام الصلب.	Zink Dialkyl Dithiophosphate. Tricresyl Phosphate, Alkyl Earth Phenolates	الإضافات المضادة للبلى	٦
الامتصاص على سطح المعدن للتفاعل الكيميائي مع المعدن مكونه طبقة سطحية ذات قوة قص منخفضة والتي تمنع الانتزاع والتمزق ولحام المعادن.	Sulfurized Fats, Chlorinated Hydrocarbons أملاح الرصاص للأحماض العضوية مركبات الفوسفور العضوية الصابون المعدني مثل Lead Naphthenates	إضافات الضغط الفائق	٧
زيادة قوة طبقة الزيت ومنع تلف طبقة الزيت.	الأحماض الدهنية، الدهون والأمينات الدهنية، الزيوت النباتية.	التزييت Oliness	٨
تقليل معدل تغير اللزوجة مع الحرارة.	البلمرات ذات التسلسل الطويل مثل Polyisobulytene Polystyrene Or alkyl styrene polymers, long chain alkyl Acrylates, and polyesters, "Plexol", "Paratone" and "Exanol", وتلك المواد الأكثر استخداماً والمتاحة تجارياً.	بلمرات التكثيف وتحسين مؤشر اللزوجة.	١٠
تقليل نقطة الصب للزيت.	Waxalkylated naphthalene, waxalkylated phenols,	مخفضات نقطة الصب	١١

	polymethacrylates, "para flow" and "Santapour" تلك هى المواد الموثقة والمتاحة تجارياً		
١٢	إضافات منع حدوث الرغاوى	بلمرات السيليكون، السوائل الغير مذابة فى الزيت مثل "Glycoles", "Glycerols"	منع تكون رغاوى ثابتة
١٣	عوامل الاستحلاب Emulsifiers	أملاح الصوديوم لحامض السلفونيك، أملاح الصوديوم للأحماض العضوية، أملاح الأمينات الدهنية "Fatty Amines" عوامل الاستحلاب الغير أيونية مثل Monoesters of Polyhydric Alcohols	
١٤	محسّنات زيادة التخليط Thickness Improvers وزيادة التكثيف	الصابون Polyisobntyle and polyacrylate polymers	يوفر للزيت قدره أكبر على الالتصاق.

أنواع وكميات مختلف الإضافات المستخدمة فى زيت التزليق لغرض معين هـى  
عملية معقدة ومتخصصة ويجب إقرارها فقط بعد القرار الحذر للتزليق وتأثير أى من  
هذه الإضافات.

#### د- زيوت التزليق المخلقة: (Synthetic Lubricating Oils)

المزلاقات المخلقة هى سوائل زيتية والتى ليس لها وجود فى الطبيعة ولا يتم  
إنتاجها مباشرة أثناء عملية التصنيع والتكرير للبترول. المزلاقات المخلقة تصمم  
لأغراض خاصة.

فى حالة المعدات التى تعمل تحت ظروف شاقة وحادة فإن المزلقات البترولية مع الإضافات المناسبة وجد أنها غير كافية. مثل تلك الظروف كالاتى :

١- عمليات تشكيل المعادن: مثل قوالب التشكيل حيث يلزم توفير سوائل خاصة مقاومة للهب وذات خواص هيدروليكية.

٢- كراسى التحميل : المتحركة على الساخن وأسطوانات الدرفلة على الساخن حيث تكون درجات الحرارة والضغط العالى جداً.

٣- محركات الطائرات التربينية: (التي تدور بقوة الهواء) حيث يجب أن تكون مادة التزليق لها اللزوجة المنخفضة الكافية عند البدء لتوفير السيولة المناسبة للزيت إلى الطلمبة، يجب أن تظل ثابتة لمدة طويلة مع التشغيل عند درجات الحرارة المرتفعة جداً وأخيراً يجب أن تزلق بكفاءة تروس السرعة العالية ذات التحميل الثقيل. فى حالة تربينات البثق الحديثة (Jetturbines) والتي تسمى التربينات النفائثة، فإن مجال درجة الحرارة يكون متسعاً جداً، ويتراوح ما بين المنخفضة عند - ٥٥°م حيث تكون اللزوجة المطلوبة هي ٣٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠٠ سنتيستوك (Centistokes) إلى المرتفعة عند ٢٦٠°م حيث عند درجة الحرارة هذه يجب تزليق كراسى التحميل بدون التعرض للفقد الزائد بالبخر أو لتكوين رواسب غير مرغوبه ومفسدة.

٤- فى البيئة النشطة : لتحقيق متطلبات التزليق تحت ظروف التشغيل الخاصة هذه، فإنه تم تحضير السوائل اللزجة من مختلف المواد العضوية وغير عضوية والتي تسمى المزلقات المخلقة. كثيراً منها كان معروفاً للصناعة بخلاف صناعة التزليق. و- أهم الكيماويات والمركبات التى لها وظيفة التزليق هي.

(أ) الإسترات الحامضية ذات القاعدية المزدوجة : **Dibasic Acid Esters**

استخدمت هذه المركبات على نطاق واسع كأساس للشحوم منخفضة التطاير والمزلقات لمحركات الغاز التربينية. مميزاتها الرئيسية هي خواص اللزوجة الحرارية، الإنخفاض الشديد للتطاير، والثبات العالى الحرارى. كذلك فإنها ليست أكالة أو عدوانية على المعادن، وغير سامة، ثابتة ضد التحلل بالماء. ولكن سلبياتها هي أداءها الواضح



كمذيب للمطاط. أكثر هذه المواد استخداماً هو (Di-2 Ethyl Hexyl Sebacate)، الذي له كفاءة جيدة كمزلق للتربينات النفثية عند - ٥٠°م إلى ٢٣٠°م.

#### ب- إيسترات الفوسفات العضوى : Organic - Phosphate Esters

إيسترات الفوسفات استخدمت لبعض السنين كإضافات فى المزلقات البترولية لتحسين خواص التزليق الحديه. هذه المواد لما لها من ثبات كيميائى فقد استخدمت كمكونات رئيسية فى المزلقات المخلقة، بينما تلك ذات النشاط الكيميائى استخدمت كإضافات للتطبيقات ذات الضغوط الفائقة. معظم إيسترات الفوسفات تكون ثابتة حتى حوالى ١٥٠°م ولكن تتل ٦ بسرعة عند درجات الحرارة الأعلى. يستخدم مركب (Tricresyl Phosphate) على نطاق واسع كإضافة للمزلقات البترولية. مركبات الفوسفور العضوية تستخدم فى الزيوت الهيدروليكية للطائرات نظراً لما لها من الخواص الجيدة لمقاومة الحريق.

#### ج- بولى ألكيلين جليكول ومشتقاته :

##### Poly Alkylene Glycols and their Derivatives

هذه المركبات متاحة بكميات كبيرة وبأسعار مناسبة وتستخدم كثيراً. المركبات من هذا النوع تشمل (Poly Ethylene Glycol)، (Poly propylene Glycol) وكذلك (poly thioglycols) ، (Their Esters and Ethers) ، (Highpoly alkane Oxides) (Polyglycidyl Ethers) ، .. الخ. المادة الأولى والثانية قابلين للإذابة فى الماء ولذلك فيكون استخدامهما هو فى المزلقات ذات التخفيف بالماء للاستخدام فى الوصلات وفى كراسى التحميل من المطاط. كما أن لها ميزة سهولة إزالتها بدفق الماء، عند الاستخدام لأسطح المعادن. (Polyglycidyl Ethers) ، (Higher Polyalkylene. Oxides) لا يذوبان فى الماء ولكن يمكنهما امتصاص كمية من الماء. لهم مؤشر لزوجة عالى، لزوجة منخفضة عند درجات الحرارة تحت الصفر، ودرجة حرارة تجمد منخفضة، وهى تتحلل عند درجات الحرارة العالية إلى مركبات متطايرة حيث تتأكسد بعد ذلك. لذلك فإنها مفيدة كمزلقات خالية من الرواسب المتبقية عند درجات الحرارة العالية كذلك، كما فى حالة كراسى تحميل الدرافيل الأسطوانية (Roller Bearings) فى ماكينات تسطیح الزجاج.

مادة (Poly propylene Glycol) تعتبر زيت ممتاز شتاءً لحافطة ذراع الإدارة أو التدوير (Crank case) والذي يتميز بعدم الكربنة، انخفاض الرماد، وانخفاض درجة حرارة البدء ومن ٦٠ إلى ٣٥٠% زيادة في المسافات المستخدمة. (Polyalkylene Glycols) قد تكون مذابة في الزيت أو مذابة في الماء، سواء سائلة أو صلبة. محلول التزليق المائي يستخدم كذلك كسوائل هيدروليكية.

تستخدم كذلك (Polyalkylene Glycols)، (Polyethers) لمحركات الاحتراق، التروس، الضواغط، الطلمبات وكذلك للتصنيع كسوائل هيدروليكية ذات الأساس المائي المقاومة للحريق، وهي ممتازة كمزلاقات للمحركات التربينية للطائرات بسبب ثباتها الحراري، انخفاض عدوانية التآكل للمعادن ومقاومة الكسر عند المعدلات العالية للقص الميكانيكي.

#### د- الهيدروكربونات الكلورة والمفلورة :

##### Chlorinated and Fluorinated Hydrocarbons

الصفات المميزة المفيدة للهيدروكربونات الكلورة (مثل مركبات داي فينيل الكلورة) هي خواص انخفاض القابلية للاشتعال والخاصية الجيدة للتزليق عند الضغط الفائق. ولكن لسوء الحظ فإن النشاط العالي لخرات الكلور التي يمكن استبدالها في ظروف الأحمال العالية عند درجات الحرارة المرتفعة، ينتج عنه مركبات سامة أو شديدة العدوانية.

الهيدروكربونات المفلورة (كذلك Completely Fluorinated tertiary - amines, Ethers, Esters- etc) لها درجة عالية من الثبات الكيميائي، ودرجة عالية من عدم القابلية للاشتعال، ومقاومة للحرارة، الكيماوية، للتآكل والأكسدة ومؤشر لزوجة مرتفع. الخمول الكيميائي يعنى أنها مزلاقات ذات حديه ضعيفة. هذه المركبات مكلفة جداً. المزلاقات المفلورة (Fluolubes) المتاحة تجارياً لها ثبات كيميائي وحراري عالي وهي أقل عرضه للأكسدة والتشقق. المزلاقات المفلورة لها تطبيقات هامة في الغواصات.

##### (Silicate Esters)

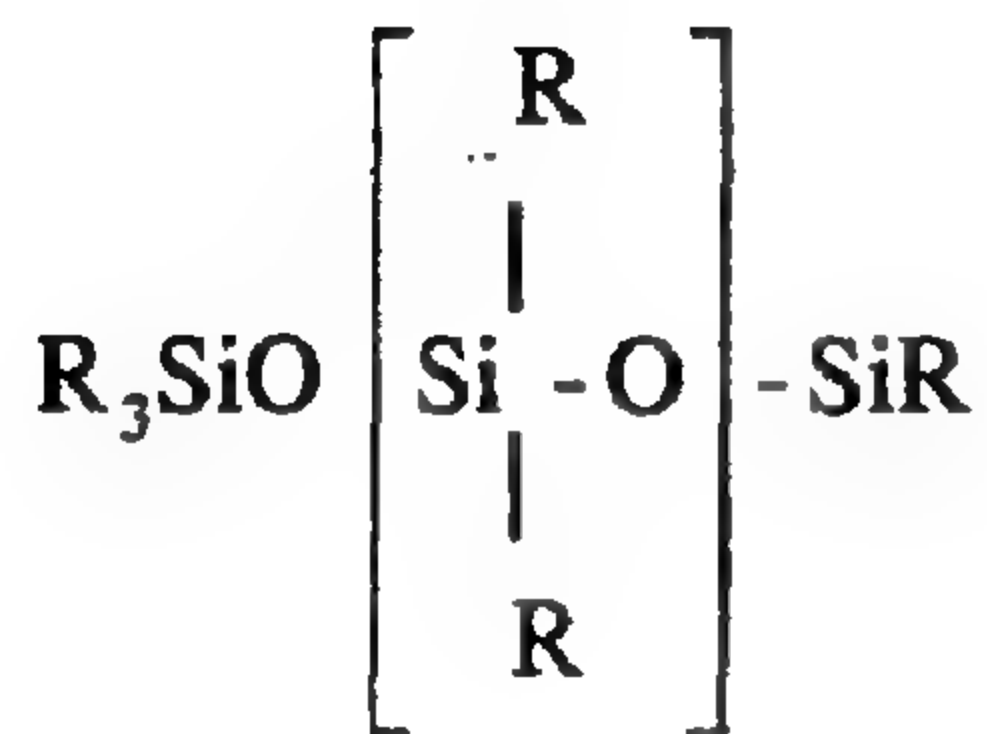
##### هـ- إيسترات السيليكايت

هذه تتصف باللزوجة العالية (١٥٠ - ٢٠٠)، وعلى نحو استثنائي وممتاز خاصية التطاير المنخفضة، ضعف مقاومة الأكسدة عند درجات الحرارة العالية، عدم العدوانية للمعادن، التوافق مع البلاستيكات والمطاط (حيث تميل إلى تصلب وتجميد المطاط بعد

الالتصاق لفترة طويلة فقط وعند درجة الحرارة العالية، كما في حالة السليكونات) الميل إلى التحلل بالماء (Hydrolyse) وعدم التوافق مع الرطوبة في كثير من الحالات. استخداماتها الصناعية محددة غالباً في سوائل الانتقال الحرارى.

#### و- السليكونات : (Silicones)

السليكونات هي منتجات يتم الحصول عليها بالتحلل المائى (Hydrolysis) وبلمرة (Organochlorosilanes) مثل  $\text{CH}_3\text{SiCl}_3$  ,  $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$  للتزليق عند درجات الحرارة المرتفعة يتم استخدام أى من الأنواع العديدة من سوائل السليكون. المعادلة العامة لهذه المواد هي كالآتى :



حيث R هي الشق العضوى.

أحد أهم الخواص للسليكونات هي ارتفاع مؤشر اللزوجة. لها مقاومة جيدة للأكسدة عند درجة الحرارة المتوسطة (حتى  $200^\circ\text{C}$ ) ولكنها معرضة للأكسدة السريعه عند درجات الحرارة العالية مكونة مادة جيلاتينية. لذلك فإنها تكون غير مناسبة للاستخدام كمزلاقات لمحركات الطائرات. وهي أكثر حمولا من الناحية الكيميائية مقارنة بالمزلاقات المخلقة الأخرى، وهي ليست عدوانية على المطاط، البلاستيك أو البويات. خواصها الطبيعية مطلوبة جداً في الحالات الهيدروديناميكية ولكنها لها خواص حدية ضعيفة نحو معادن التخميل، وخاصة المعادن الحديدية. ضعف إيمصاصها على الصلب يجعلها غير مناسبة للحماية من الصدأ. السليكونات تعطى نتائج جيدة فقط عندما يكون أحد أسطح الاحتكاك ليس من المعادن الحديدية وهي مفيدة جداً لتزليق الأجزاء الصغيرة عند درجة الحرارة المنخفضة.

التطوير في خواص السليكونات كمزلاقات حديه تم بترك بعض مجموعة  $\text{OH}$ - بدون تفاعل وكذلك بالتغيير فى المجموعة البديلة لمجموعة



-OH (Substituted Group). الدماج فى السليكون بمجموعات الفينيل المحتوية على بدائل هالوجين (Halogen - مثل الكلور، الفلور، البروم، اليود) يزيد قدرتها على تحمل الأحمال العالية. أفضل أنواع السليكونات المتاحة حالياً هي :

(Dimethyl and Methylphenyl - Silicaon Polymers).

أنواع مختلفة من زيوت السليكون لها مجال كبير من اللزوجة ومتاحة لاستخدامات معينة. سلسلة سائل السليكون - ٢٠٠ يوصى باستخدامها لأسطح المطاط والبلاستيك، شاملة أفلام التصوير المتحركة، آلة الحساب المنزلق (Slide Rule)، التروس، كراسى التحميل، البطانة المعدنية (Bushes)، ولزرد الرطوبة، مزلاقات العزل الكهربائي فى الساعات، ساعات السباق والتجهيزات الإلكترونية الأخرى.

سوائل السليكون - ٥١٠ مناسبة للمزلاقات عند درجات الحرارة المنخفضة بينما سوائل السليكون - ٧١٠ هي مزلاقات مقاومة للحرارة لمفصلات الأفران، أجهزة توقيتات الأفران (Timers)، الناقلات، أسطوانات الدرجه (Rollers)، وعجلات التقلب المعرضة إلى درجات الحرارة العالية، الرطوبة العالية والتعرية.

### الخواص الهامة للمزلاقات المصنعة (المخلقة) :

#### **Characteristics of Synthetic Lubricants**

السبب الرئيسى فى استخدام المزلاقات المصنعة هو الحاجة إلى التزليق ذو الأداء الجيد خلال مجال متسع من درجة الحرارة، أى ما بين - ٥٠°م إلى + ٢٦٠°م. المنتجات البترولية المستقيمة (Straight) ذات لزوجة كافية للحركة - ٥٠°م تكون معرضة لفقد الغير مقبول عند درجات الحرارة العالية. وعلى العكس فإن بعض الهيدروكربونات ذات الوزن الجزيئى العالى تم استخدامها بكميات حتى ١٧٥°م فإنها لم تمكن من الصب والتدفق الانسيابى بسهولة عند درجة حرارة - ١٨°م. معظم المزلاقات المخلقة يحدث لها انخفاض فى اللزوجة لتطير معين أكثر من المنتجات البترولية المكافئة. فمثلاً المزلق المخلوق مثل (Di - 2 Ethyl Hexy sebacate) تفقد أقل من ٠,٠٥% من وزنه بعد التسخين لمدة ١٦٨ ساعة عند ٦٥°م بينما زيت البترول الذى يتم اختياره للزوجة مقارنة قد يفقد ١٠% من حرارته تحت نفس الظروف المشابهة.



الخواص المميزة الأخرى للمزلاقات المخلقة مقارنة بالمزلاقات البترولية التقليدية هو ثباتها الحرارى العالى، مقاومة الأكسدة، مقاومة التحلل المائى، مقاومة عالية للحريق، خواص منع الصدأ، خواص لزوجة حرارية أفضل (أى لها قيم مؤشرات لزوجة عالية). فمثلاً، زيت بنسلفانيا الجيد له مؤشر لزوجة ١٠٤ بينما مؤشر (Dimethyl silicane) هو ٢٠٠.

كذلك كثيراً من الزيوت المخلقة هي مذيبات ممتازة للإضافات الهامة، مثل محسنات مؤشر اللزوجة، مثبطات الأكسدة ومثبطات الصدأ. مزلاقات معينة مخلقة تمتلك درجة عالية من قدرة التنظيف الطبيعية التى هي صفة ذات قيمة فى الحالات حيث يعمل المزلق كمزيل للأوساخ ورواسب الوقود. بعضها سام. بعضها عدوانى خاصة عند درجة الحرارة العالية.

#### هـ- مستحلبات التزليق : Lubricating Emulsions

فى كثير من عمليات المعدات الميكانيكية مثل عمليات التفريز (Milling)، اللولبه (Threading)، الخراطة (Turning)، التجويف (Boring)، فإن الآلة المستخدمة تصبح ساخنة إلى درجة حرارة مرتفعة، وخاصة عند طرف القطع. فى عملية القطع، أحياناً يكون الضغط عند طرف السكينة يصل إلى ضغط ١٠٠,٠٠٠ رطل/البوصة المربعة حيث تتولد كمية ضخمة من الحرارة. هذا قد يؤدى إلى الأكسدة والصدأ لقطعة المعدن فى الشغل. ولمنع التسخين الزائد فى مثل هذه الحالات وبما يترتب عليه من تلف، فإنه يلزم توفير التبريد الكفؤ والتزليق. عادة يتم ذلك باستخدام مستحلبات من نقاط الزيت فى الماء، والتى تسمى زيوت القطع أو سوائل القطع أو مستحلبات القطع (Cutting Emulsions). الزيت له حرارة نوعيه منخفضة ولكن له خواص تزليق جيدة. على الجانب الآخر، فإن الماء مزلق ضعيف ولكنه وسط تبريد ممتاز بسبب حرارته النوعية العالية والحرارة العالية للبخر. لذلك، فإن الجمع بينهما فى شكل المستحلب يمكن أن يوفر تأثيرات كلاً من التبريد والتزليق. المتآكل بفعل الماء على الآلات، المعدات وقطعة الشغل يلزم تفادى حدوثه ولذلك فإنه يتم إضافة الصابون أو أى مادة تثبيط قلوية. حتى عندئذ، فإن استخدام الماء يكون محدوداً للعمليات البسيطة مثل الطحن والخراطة الشاقة.

الخواص الهامة لمستحلب القطع تشمل (١) سهولة السحب بين وجه وقاعدة الآلة لتوفير التزليق الكفؤ (٢) امتصاص الحرارة لمنع بلى وتلف المعدن (٣) غسيل الرايش

من المعدن (٤) توفير مستحلب ثابت مع الماء (٥) لا يسبب صدأ للمعدن (٦) خاصية التطهير ومنع حدوث العفن وقتل الكائنات الدقيقة.

زيت القطع الجيد يزيد دقة القطع ويقلل من تكاليف الشغل، كما يمكن من زيادة سرعة القطع، زيادة عمر الاستخدام لقطعة الشغل هذا بالإضافة إلى خفض الطاقة المستخدمة وكذلك خفض الشغل التآلف.

زيوت البترول ذات التسلسل المستقيم (Straight Chain) تعتبر زيوت تزليق ضعيفة جداً. الزيوت الدهنية مثل زيت دهن الخنزير أو دهن الحوت تعتبر من زيوت القطع الجيدة جداً ذلك رغم أن الزيوت المخلوطة مثل زيت الفلفونيه وزيت الصنوبر وزيت التربنتينه المستخرج من زيت الصنوبر (Turbine Oil)، وجد لها بعض الاستخدام. في زيت القطع الجيد، تكون هناك إضافة من مادة صابونية (Sulfonated). في حالة السرعات البطيئة والقطع الخفيف يمكن استخدام مزلق مكلور. في حالة تشغيل سبيكة النحاس الأصفر (Brass) فإن الزيت المستحلب يجب أن يكون زيت البارافين المحتوى على حامض دهني حر أو (Copper Orleate) لأن الزيت المحتوى على الكبريت (Sulfurized) يمكن أن يغير لون قطعة الشغل.

يستخدم نوعين من المستحلبات في عمليات التزليق.

١- مستحلبات القطع أو مستحلبات الزيت - في الماء :

ويتم تحضير تلك المستحلبات بخلط الزيت المحتوى على حوالي ٣ - ٢٠% من عامل الاستحلاب المذاب في الماء (مثل الصابون المذاب في الماء، Alkyl oraly, Sulfonate, alky sulfates) وكمية مناسبة من الماء. الكياويات مثل (Triethanol Amine, Glycerols, Glycols) قد تضاف أحياناً، المستحلبات من نوع الزيت في الماء تستخدم كمزلق تبريد لأدوات القطع وفي مكابس محركات الديزل وفي محركات الاحتراق الداخلي الضخمة.

(٢) سوائل التبريد أو مستحلبات الماء في الزيت :

وهذه يتم تحضيرها بخلط كلاً من الماء والزيت المحتوى على ١ - ١٠% من عوامل الاستحلاب (Emulsifiers) الغير مذابة في الماء مثل صابون العناصر القلوية. المستحلبات المحتوية على ٥٠% من زيت التزليق والماء تستخدم في تزليق أسطوانات البخار، حيث توفر التبريد للحوائط وخفض في استهلاك الزيت. مثل هذه المستحلبات تستخدم بنجاح في ضواغط تداول الوقود الغاز.

## الفصل الرابع

### خواص المزلقات





## (Properties of Lubricants)

## خواص المزلقات :

يمكن اختيار مادة التزليق لاستخدام معين، فإنه يلزم التعرف على بعض الخواص الهامة لزيوت التزليق.

### ١ - اللون :

ألوان زيوت التزليق تتراوح ما بين ذات الشفافية التامة إلى تلك مثل القار الأسود وما بينهما من الألوان، الأصفر، الأحمر، البنى. بعض الزيوت المعدنية تبدو بلون أخضر أو أزرق لامع في إنعكاس الضوء. لون الزيت، يبين إلى حد ما أصل هذا الزيت. الزيوت ذات الأساس من البارافين تبدو باللون الأخضر اللامع، بينما الزيوت ذات الأساس من النافثا (Naphthenic Base) تكون ذات شكل يميل إلى الزرقة. عموماً كلما كانت درجة حرارة الغليان مرتفعة للمادة البترولية كلما كانت أشد عتامة (More Darker). يمكن إزالة اللون كلية بالمعالجة. وعموماً لا يمكن اعتبار اللون مؤشراً للزوجة أو لكفاءة مادة التزليق. الزيوت ذات اللون الفاتح ذات اللزوجة العالية تلقى صعوبة في تسويقها بسبب الألوان. ولكن في الصناعات الغذائية وصناعة المنسوجات .. الخ، حيث توجد فرصة تلطيخ (Staining) المنتجات النهائية فإن لون زيت التزليق من الطبيعي أن يكون مهماً بدرجة كبيرة.

أحياناً، تتم تقييم حالة التلف أو التلوث لزيت التزليق بالمقارنة بلون الزيت الذي لم يستخدم.

### ٢ - الجاذبية النوعية (وجاذبية معهد البترول الأمريكي) :

#### Specific Gravity (and API Gravity)

الجاذبية النوعية لزيت لا توفر معلومات عن خواص التزليق للزيت، ولكن لأن الزيت يستخدم بالحجم فإن المعلومة عن النسبة بين الوزن إلى الحجم يمكن أن تكون مفيدة.

الجاذبية النوعية هي النسبة بين كثافة الزيت إلى كثافة الماء عند درجات حرارة معينة. في صناعة البترول عادة يتم تعيين الجاذبية النوعية للزيوت عند درجات

حرارة (١٥,٥٥°م). معظم زيوت التزليق لها قيم جانبية نوعية ما بين ٠,٨٥ إلى ٠,٩٩ عند (١٥,٥٥°م) ٦٠ درجة فهرنهايت.

في الولايات المتحدة ثم استبدال الجاذبية النوعية بجاذبية معهد البترول الأمريكي (API) لتوفر سهولة الحساب وعدم وجود أرقام عشرية، حيث الماء يكون له جاذبية (API) = ١٠.

### ٣- الحرارة النوعية (specific Heat)

الحرارة النوعية لمعظم زيوت التزليق تقع في المجال من ٠,٤٤ إلى ٠,٤٥. المعلومات عن الحرارة النوعية تكون مطلوبة في مشاكل الانتقال الحراري مثل كتلك المتعلقة بتصميم كراسي التحميل المستوية (Plane Bearings) حيث يكون أداء زيت التزليق كمادة تزليق وكذلك للتبريد.

### ٤- رقم التعادل (Neutralization Number)

حموضة أو قلوية زيت التزليق تتحدد برقم التعادل. تعيين الحموضة هو العادي ويعبر عنه برقم الحامض أو قيمة الحامض (Acid value) ويعرف بعدد المليجرامات من إيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لمعادلة كل الحامض الحر الموجود في جرام واحد من الزيت.

حتى أن الزيت الذي تم تنقيته بإتقان يمكن أن يحتوى على بعض من الحموضة. وهذا يرجع إلى وجود كميات صغيرة من المكونات العضوية التي لم يتم معادلتها تماماً أثناء معالجة التنقية أو القليل من المتبقى، من عملية التنقية. هذه الحموضة الناشئة قد لا تكون ضارة في حد ذاتها ولكن بالنسبة لما تزيده في الزيت المستخدم والذي يؤخذ كمقياس لتلف الزيت بسبب الأكسدة أو التلوث. في الواقع، فإن رقم الحامض أكبر من ٠,١ عادة يؤخذ كمؤشر لأكسدة الزيت.

### ٥- رقم التصبين (Saponification Number)

قيمة التصبين للزيت تعرف بعدد المليجرامات من إيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لتصبين جرام واحد من الزيت، يتم ذلك هذا عادة بإرجاع (Refluxing) كمية معلومة

من الزيت مع كمية زائدة ومعلومة من محلول إيدروكسيد البوتاسيوم العيارى وتعيين القلوى المستهلك بمعايرة القلوى الذى لم يتفاعل.

الزيوت الحيوانية والنباتية يحدث لها التصبين ولكن الزيوت المعدنية لا تتصبين. وكذلك فإن معظم الزيوت الحيوانية والنباتية لها قيم لخواص التصبين معلنة ومعروفة. لذلك فإن تعيين قيمة التصبين يساعد فى تأكيد وجود الزيوت النباتية أو الحيوانية (الزيوت المثبتة) فى المزلق. وعلى العكس، حيث أن أى من الزيت المثبت له رقم التصبين الخاص به، فإن أى حيود عن هذه القيمة فى أى عينة يبين احتمال ودرجة الغش (Adulteration) [الزيوت الثابتة الحيوانية و النباتية هى تلك الزيوت التى لا تتحلل بالحرارة أو التقطير وتسمى Fixed Oils].

#### ٦ - الأكسدة : Oxidation

أكسدة الزيوت المعدنية المستقيمة تتقدم ببطئ حتى عند درجة حرارة الغرفة ولكنها تسير بسرعة عند درجات الحرارة الأعلى (وتحديداً أعلا من 200°م). كذلك فن الأكسدة يتم تعجيلها بوجود الرطوبة فى البيئة المحيطة وكذلك فى وجود العوامل المساعدة على الأكسدة مثل الحديد والألومنيوم وخاصة النحاس، وتحديداً عندما تكون فى الحالة المفتتة (كما فى حالة نواتج البلى). مقاومة مختلف الزيوت للأكسدة تتوقف إلى حد كبير على طبيعة الزيت الخام وطريقة التكرير. فى معظم الزيوت التجارية يتم تأخير معدل الأكسدة بإضافة مثبطات الأكسدة التى تستهلك (Scarified) مثل Phenyl (B Naphthylamine) - .

نواتج الأكسدة غير مرغوب فيها للآتى :

أ - نواتج الأكسدة الغير مذابة أو الرواسب يمكن أن تسبب الانسداد لخطوط مواسير الزيت، فتحات وثقوب التزييت (Oil Holes)، المرشحات والأجزاء الأخرى من نظام التزليق.

ب - نواتج الأكسدة المذابة التى تدور مع الزيت لها استعداد حامضى ويمكن أن تحدث تآكل وثقوب لأسطح التحميل وقد تكون رواسب ضارة ولزقة تشبه الورنيش وكذلك مواد صمغية.

لقد اقترح العديد من الاختبارات لاختبار مقاومة الأكسدة للزيت ولكن لا يوجد حتى الآن المقبول عالمياً. الاختبار الوحيد الذي يمكن الاعتماد عليه هو ذلك الذي فيه كل ظروف التشغيل يتم محاكاتها.

#### ٧- التآكل :

زيوت التزليق تستخدم أحياناً ملتصقة مع نظم تحتوى على النحاس، النحاس الأصفر، الصلب، (Copper and Brass). عندئذ فإن خاصية العدوانية لزيوت التزليق يتم تأكيدها باختبار تآكل النحاس واختبار تآكل الصلب. المواد العدوانية مثل الكبريت،  $H_2S$  والبولي سلفيدز توجد في البترول وتزال أو يتم تحويلها إلى السلفيدات العضوية ذات الضرر القليل بعمليات التنقية. عادة يتم الكشف عن الكبريت أثناء التكرير وفي المنتجات النهائية.

اختبار تآكل النحاس يعتبر ذو قيمة كبيرة للمنتجات مثل زيوت القطع المستخدمة في تشغيل المعادن الغير حديدية والمزلاقات في كراسي التحميل ذات الالتصاق باسطوانات الدرفلة ذات الغطاء الغير حديدى. ما يسمى "اختبار شريط النحاس" يتضمن وضع شريط من النحاس تم صقله في زيت التزليق عند درجة حرارة معينة ولمدة زمنية معينة ثم اختبار الشريط بعد سحبه. أى تلوث أو فقد في لمعة الشريط هو دليل على وجود مواد عدوانية في الزيت، اختبار تآكل الصلب للزيوت يصمم لتعيين قدرة الزيت على منع حدوث التآكل للأجزاء الحديدية في وجود الماء.

مثبطات التآكل مثل (Organo Meallic Compunds, Zin Dithiophosphate) عادة يتم إضافتها إلى زيوت التزليق.

#### ٨- الاستحلاب (Emulsification)

عند خلط زيت نقي مع ماء نقي، فإن السوائل تتفصل إلى طبقتين بشكل سريع إلى حد ما. ولكن في حالة تلوث الزيت ببعض الأتربة الدقيقة، والأجسام المعدنية الدقيقة أو الأحماض، القلويات أو الصابون، فإن معدل الانفصال يقل ويتكون مستحلب الزيت في الماء أو الماء في الزيت. المستحلبات تميل إلى جمع الملوثات التي يمكن أن تسبب الاحتكاك وتكون الرواسب التي يمكن أن تحدث انسداد في خطوط الزيت.. الخ. لذلك،



فى عدد كبير من الحالات، يكون من المهم أن زيت التزليق تكون ذلك المستحلب مع الماء الذى ينفصل بسرعة. هذه الخاصية للمزلق تسمى رقم إزالة الاستحلاب (Demulsification N°-) ويتم تعيينه بملاحظة الوقت اللازم بالثوان لحجم معين منن الزيت لينفصل فى طبقة واضحة من حجم مساوى من البخار المكثف تحت الظروف القياسية. ويسمى كذلك رقم مستحلب البخار (Steam Emulsion Number). كلما كان رقم مستحلب البخار منخفضاً، كلما كان انفصال الزيت من المستحلب المتكون أسرع وكلما كان زيت التزليق أفضل فى معظم الأغراض.

زيوت المحركات التربينية بالبخار عادة تكون ملوثة بالبخار أو بالبخار المكثف ويكون من المهم أن ينفصل الزيت سريعاً، وإلا فإنه يمكن أن تتكون رواسب (Sludges) التى يمكن أن تحدث انسداد فى خطوط الزيت وفى الطلمبات. لذلك فإنه فى كل مثل هذه الحالات حيث قد يحدث التصاق بين الزيت والماء أثناء العمل، فإنه يجب أن يكون له رقم إزالة استحلاب منخفض. على الجانب الآخر فى زيوت تزليق صناعية مهنية مثل زيوت القطع يكون المطلوب استمرار تكون المستحلب حيث يعمل المستحلب كمبرد وكذلك كمزلق.

كثيراً من الإضافات المستخدمة فى تثبيط الأكسدة وتثبيط التآكل لزيوت المخلفات الصناعية لها خاصية ملحوظة بخصوص خفض رقم إزالة الاستحلاب للزيوت.

#### ٩- نقطة الأنيلين (Aniline Point)

نقطة الأنيلين للزيت تعطى مؤشر لاستعداد الزيت للتلف عند التصاقه بمواد التعبئة والتغليف أو العازل المطاطى.. الخ. عموماً الهيدروكربونات الأروماتية لها استعداد لإذابة المطاط الطبيعى وأنواع معينة من المطاط الصناعى - لذلك فإن محتوى الزيت من الهيدروكربونات الأروماتية له ميزة ودلالة كبيرة من وجهة النظر هذه. وهذا عادة يتم تعيينه على أساس "نقطة الأيثيلين" للزيت والتى تعرف "بأنها أدنى درجة حرارة اتزان (Equilibrium) لمحلول لحجمين متساويين من الأيثيلين وعينة الزيت". نقطة الأينلين المرتفعة تعنى النسبة المنخفضة للهيدروكربونات الأروماتية (Aromatic Hydrocarbons). لذلك فإن نقطة الأنيلين العالية تكون مطلوبة. يتم تعيين نقطة

الأنيلين بالخلط الجيد (الميكانيكى) لحجمين متساويين من الأنيلين وعينة الزيت فى أنبوبة اختبار وتسخين الخليط حتى الحصول على محلول متجانس. ثم تترك لتبرد بمعدل معين لحين مجرى الانفصال لكلا الطبقتين. درجة الحرارة المقابلة لتلك الملاحظة المعينة يتم تسجيلها "كنقطة الأنيلين".

#### ١٠- المحتوى من الرماد : (Ash Content)

كمية الرماد فى الزيت المعدنى الذى تم تنقيته وتكريره جيداً تكون منخفضة جداً وتكاد تكون معدومة. فى حالة الزيت المستخدم فإن الرماد سوف يشمل أجسام معدنية وهناك محاولات لتقييم معدل البلى للأسطوانة (السيليندر) بفعل المحتوى من الحديد الرماد من الزيت المستخدم فى الأسطوانة.

#### ١١- ثبات التحلل : (Decomposition stability)

ثبات الزيت خلال تفاعلات التحلل المائى أو الحرارى تعتبر هامة كذلك لأن نواتج تلك التفاعلات تعتبر مسببه لتلف أجزاء المعدن.

#### ١٢- رقم الترسيب : (Precipitation Number)

هذا يبين نسبة الأسفلت الموجودة فى الزيت. يتم تعيين رقم الترسيب بإذابة وزن معين من الزيت فى كحول بترولى (Petroleum Ether) ثم فصل الأسفلت المترسب بالطرد المركزى. يتم تخفيف الأسفلت ووزنه وتسجيله كنسبة مئوية من وزن الزيت.

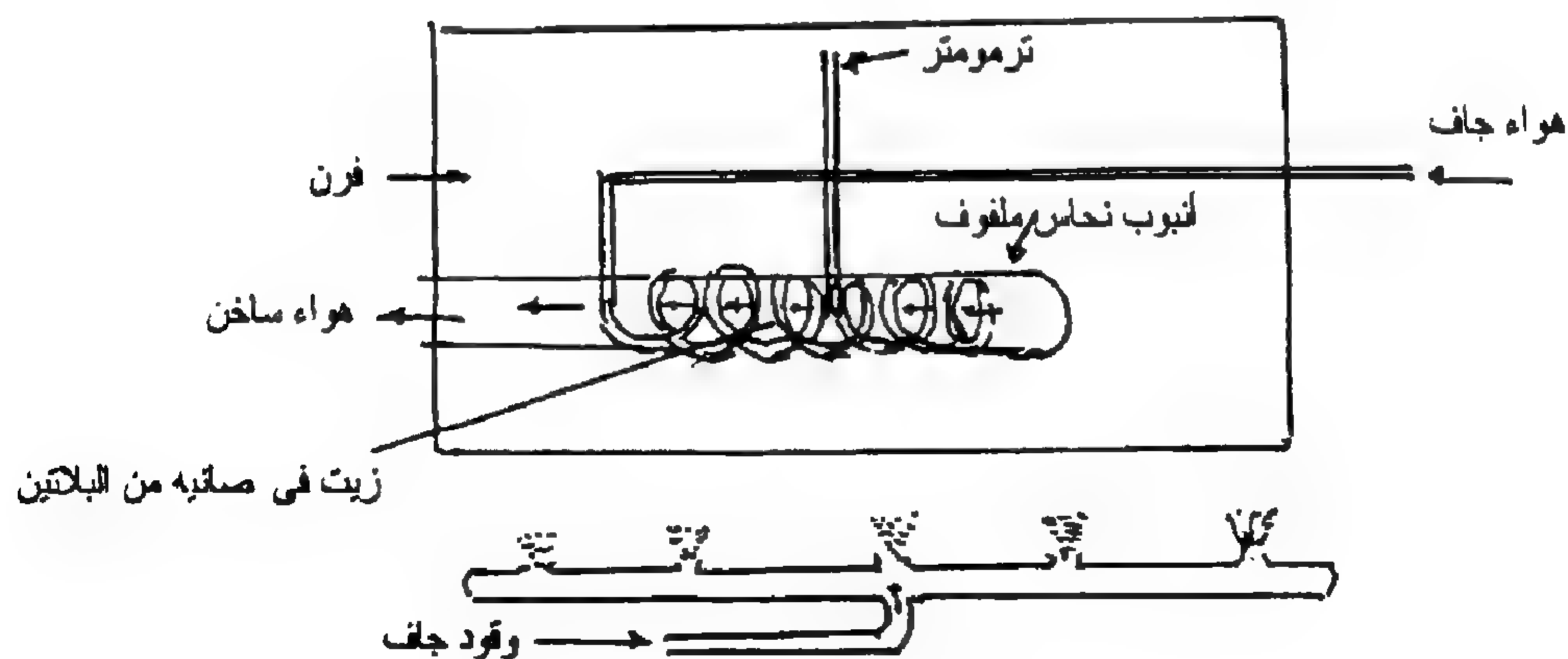
#### ١٣- القدرة على تزييت السطح الملاصق : (Oiliness)

قدرة المزلق على تزييت السطح الملاصق بمعنى أن زيت التزليق يمكن أن يلتصق على سطح الأجزاء المعدنية للمعدة التى تعمل عند الضغط المرتفع. قدرة الزيت على التزييت هى أهم صفة لزيت التزليق فى حالات التزليق الحدية ذات الطبقة الرقيقة. الزيوت المعدنية لها قدرة تزييت ضعيفة جداً بينما الزيوت الحيوانية والنباتية لها قدرة جيدة على التزييت. لذلك، فإن تزييت الزيوت المعدنية يمكن أن يتحسن بإضافة كميات صغيرة من الأحماض الدهنية ذات الوزن الجزيئى العالى مثل (Stearic AcidK Oleic Acid , Chlorinated Esters of these Acids). لا توجد

طريقة متقنة لتعيين قدرة التزيت المطلقة لزيت. فقط فإن قدرة التزيت النسبية يمكن تقديرها على ضوء اختيار زيت تزليق لمهمة معينة.

#### ١٤ - القدرة على التطاير والتبخر : (Volatility)

عند تعرض زيت التزليق إلى درجة الحرارة المرتفعة كما في حالة المعدات الثقيلة، فإن معظم الزيت يمكن أن يتبخر ويفقد. بصرف النظر عن الفقد في المزلق المتبخر، فإن الزيت المتبقى يمكن أن تكون له خواص مختلفة (مثل اللزوجة الزائدة ومؤشر لزوجة مختلف) مقارنة بالزيت الأصلي. من الطبيعي أن المزلق الجيد يجب أن تكون له استعداد قليل للتبخر. تبخر زيت التزليق عادة يتم تعيينه باستخدام جهاز يسمى المتبخر (Vaporizer) الموضح في الشكل (٦). وهذا الجهاز يتكون من فرن يتم تسخينه بالوقود الغاز حيث يوضع في وسطه لفات من مواسير النحاس. يمكن مرور الهواء خلال مواسير النحاس. يتم أخذ وزن معين من عينة الزيت في بوتقه من البلاتين ثم يتم إدخالها عند مركز الماسورة النحاس كما هو موضح في الشكل. الآن يتم تمرير الهواء الجاف بمعدل ٢ لتر في الدقيقة خلال الماسورة النحاس لمدة ساعة. عندئذ يتم سحب البوتقة وتبريدها ووزنها. الفقد في وزن الزيت، محسوباً كنسبة مئوية من وزن الزيت يتم تسجيله حيث يقدر بقدرة الزيت على التبخر.



شكل (٦) مبخر لتعيين تطاير زيت التزليق

## (Carbon Rasidual Test)

## ١٥ - اختبار الكربون المتبقى :

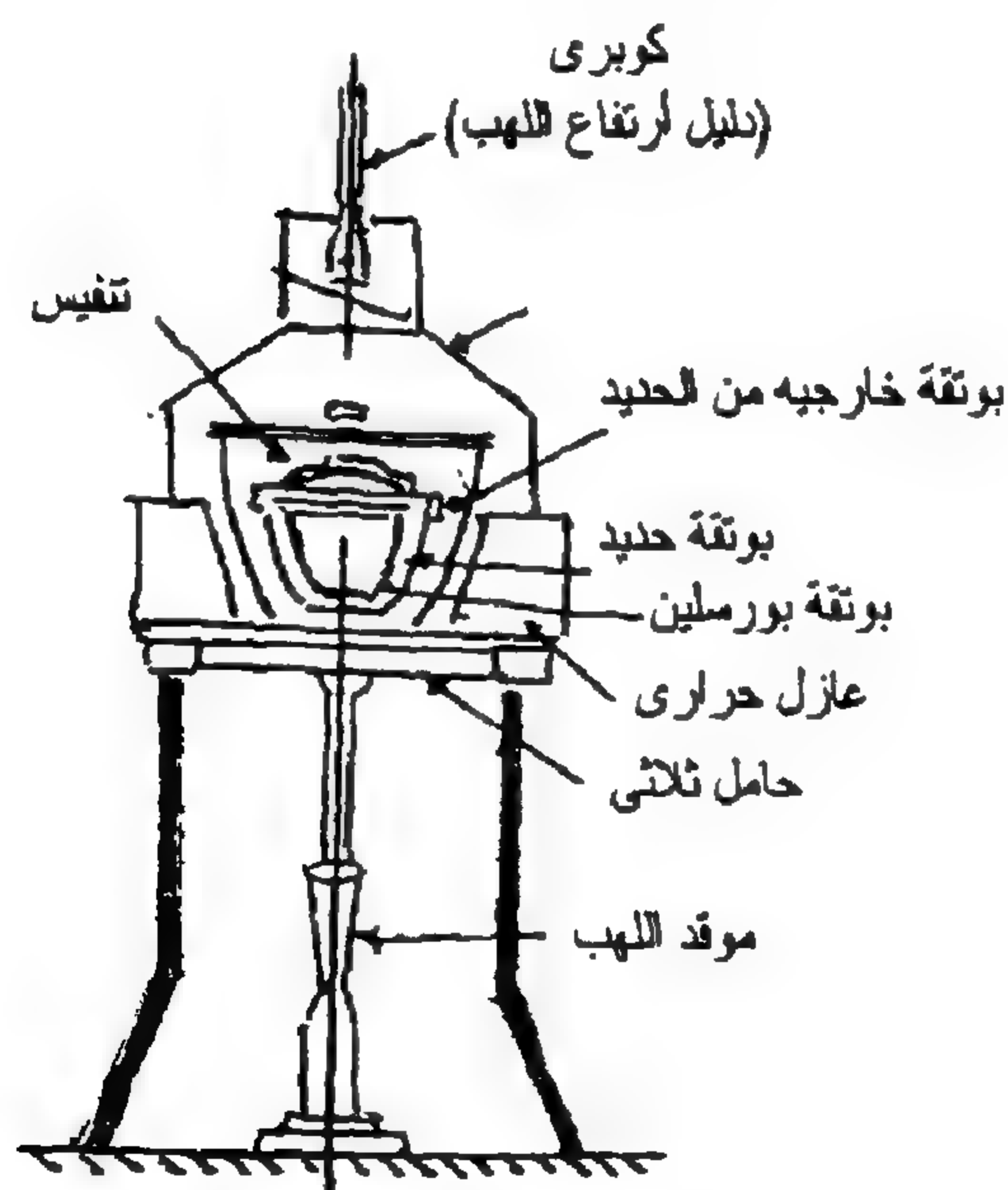
يعتبر استعداد زيت التزليق لتكوين الكربون عند الحرق هو ظاهرة خاصة بمحركات الاحتراق الداخلى. الزيوت التى ترسب أدنى كمية من الكربون هى الزيوت المفضلة. ترسيب الكربون فى محرك الاحتراق الداخلى يكون نتيجة الحرق الغير تام للوقود وكذلك كربنة زيت التزليق الذى يحمل خلال حلقات المكبس إلى غرفة الحرق. تراكم الكربون المرسب فى غرفة الحرق ينتج عنه خفض حجم الشحنة عند نهاية شوط الضغط بما يترتب عليه زيادة فى نسبة الضغط والتى تؤدى إلى الانفجار. ترسيب مخلفات الكربون بالمزلق قد تكون غير مقبولة فى حالات أخرى كذلك.

يستخدم اختبارين لتعيين الكربون المتبقى وهما :

اختبار كونرادسون (Conradson)، اختبار (Ram Sbottom).

### أ- اختبار (Conradson) :

الجهاز المستخدم لهذا الاختبار موضح فى الشكل (٧).



شكل (٧) جهاز كونرادسون لتعيين الكربون المتبقى

وهو يتكون من عازل مثل كتلة الأسبستوس. بوتقة خارجية من الحديد مثبتة فى صندوق العزل. البوتقة مزودة بغطاء وتوضع على حامل مستطيل. وتحتوى على

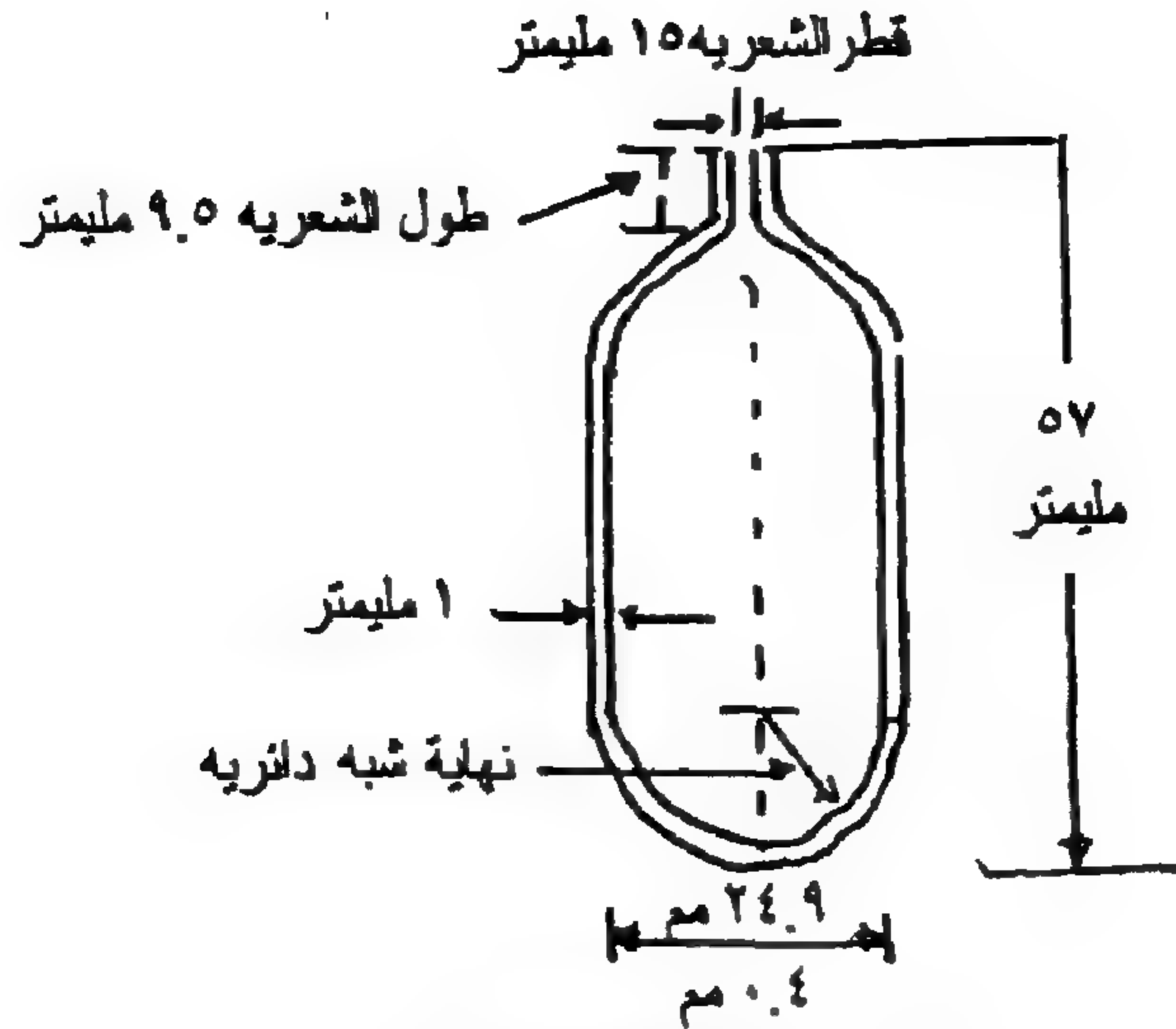


طبقة من الرمل التي توضع عليها البوتقة الداخلية المزودة بغطاء به تنفيث. البوتقة الداخلية تحتوى على بوتقة من البورسيلين المزجج ذات سعة من ٢٩ إلى ٣١ سم<sup>٣</sup> وقطرها الخارجى ٤٦ - ٤٩ مليمتراً. الغطاء فى شكل مستدير بقطر من ٣/٤ - ٤ - ١/٤ بوصة. قطر المدخنة من ٢ - ١/٤ بوصة وارتفاع ٢ - ١/٢ بوصة، الشكل القمعى لقطعة الارتفاع للغطاء يجعل الارتفاع التام ٥ بوصة. الكوبرى مصنوع من حديد بسمك ١/٨ بوصة ويكون فوق قمة المدخنة بحوالى ٢ بوصة.

وزن عينة الزيت التى تؤخذ فى البوتقة يكون ١٠ جرام. يتم تسخين البوتقة من الخارج بموقد (Meker Burner) بحيث يكون زمن السابق للاشتعال هو  $10 \pm 1.5$  دقيقة. عند رؤية الدخان عند المدخنة يتم توجيه اللهب نحو جانب البوتقة وذلك لحرق الأبخرة والتى تحترق بتجانس مع اللهب فوق المدخنة ولكن ليست فوق الكوبرى، فى  $13 \pm 1$  دقيقة، حيث بعد ذلك يتم تسخين قاع البوتقة لدرجة الاحمرار لمدة ٧ دقائق أخرى بحيث يكون إجمالى زمن التسخين هو ٣٠ دقيقة. بعد ذلك يتم سحب بوتقة البورسيلين تم تبريدها ووزنها. يتم تسجيل النتيجة كنسبة مئوية للمتبقي من عينة الزيت.

f- اختبار (Ramsbottom) :

فى هذا الاختبار كان المستخدم أساساً بصيلة تكويك من الزجاج القوى شكل (٨) ولكن حالياً تستخدم البصيلة من الصلب المقاوم.



شكل (٨) بصيلة للتكويك المستخدمه فى إختبار  
الكربون المتبقى لـ Ram Sbottom

يتم وضع من ١ - ٤ جرام من عينة الزيت (طبقاً للنسبة المتوقعة من الكربون المتبقى) كالآتى :

أقل من ٢% - ٤ جرام، من ٢ - ٤% - ٢ جرام، أكثر من ٤% - ١ جرام فى البصيلة ثم يتم تعيين وزن عينة الزيت. يتم وضع البصيلة فى غلاف يتكون من أنبوبة حديدية بطول حوالى ٧٦ ملليمتر وبقطر داخلى ٧٦ ملليمتر، ولها نهاية مستوية مقفلة. يتم غمر الغلاف فى حمام من الرصاص المنصهر إلى عمق لا يقل عن  $\frac{7}{8}$  بوصة ثم يتم تسخين حمام الرصاص إلى ٥٥٠°م لمدة ٢٠ دقيقة. يتم سحب البصيلة ثم تبريدها ووزنها. يتم جراء كل اختبار مرتين كما يجب الحرص نحو عدم فقد الزيت بسبب حدوث الرغاوى. التسخين يمكن كذلك أن يتم فى فرن بالتسخين الكهربى عند ٥٠٠ - ٥٥٠°م لمدة ٢٠ دقيقة. يتم تسجيل النتيجة كنسبة مئوية للكربون المتبقى من وزن عينة الزيت.

#### ١٦- نقطة الغمام ونقطة الصب : (Cloud Point and Pour Point)

زيوت البترول هى خلطات معقدة من المركبات الكيميائية وليس لها نقطة تجمد محددة. عند تبريد الزيت بطريقة كافية، فإنه يصبح ذو شكل صلب لدن بسبب تكون بلورات صلبة أو بسبب انعقاد وتجمد الهيدروكربون الموجود. نقطة التغير (أو الغمام) هى درجة الحرارة التى عندها الملاحظة الأولى لتكون تبلر المادة الصلبة فى شكل

غيوم أو ضباب رقيق، وذلك عند تبريد الزيت في جهاز قياسى بمعدل قياسى. نقطة الصب هي درجة الحرارة التي عندها يبدأ توقف الزيت عن الانسياب والتدفق عند التبريد بمعدل قياسى وفي جهاز قياسى.

بالنسبة لزيوت التزييق نقطة الصب لها أهمية خاصة. فهي تعين ملائمة المزلق أو الزيت الهيدروليكي للتجهيزات ذات درجة الحرارة المنخفضة. المثال الهام هو مصانع التبريد، ومحركات الطائرات، والذي قد يكون مطلوباً للبدء والتشغيل عند درجات حرارة تحت الصفر.

لعمل هذين الاختبارين فإنه يستخدم الجهاز الموضح في الشكل (٩). يتكون هذا الجهاز من قنينة اختبار أسطوانة ذات قاع مستوى، مصنوعة من الزجاج وبقطر حوالى ٣سم وارتفاع ١٢سم. ومحاطة بغلاف معدنى أو زجاجى المثبت جيداً فى حمام التبريد. حمامات التبريد المستخدمة هي كالاتى :

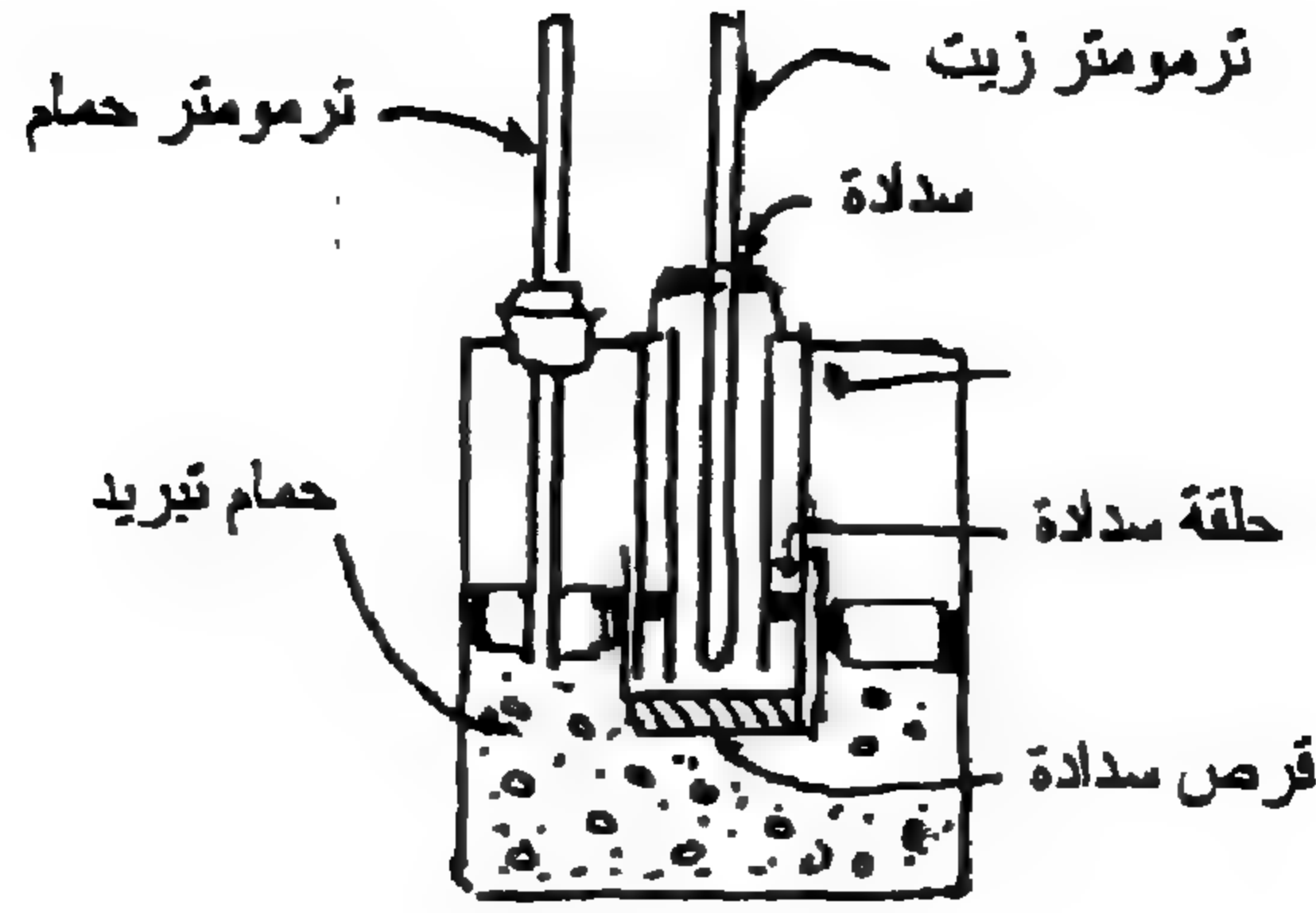
حتى ١٠°م ثلج وماء.

حتى ١٢°م ثلج مطحون وملح.

حتى ٢٦°م ثلج ،  $\text{CaCl}_2$

حتى ٥٧°م  $\text{CO}_2$  صلب، بنزين السيارات (جازولين)

يتم صب الزيت فى قنينة الاختبار حتى ارتفاع ٢ - ١/٤ بوصة. يتم ادخال ترمومترات قياس الحرارة فى الزيت، وفى حوض التبريد. مع حدوث التبريد خلال الغلاف الهوائى، فإن درجة حرارة الزيت تنخفض. مع كل درجة نزول فى حرارة الزيت يتم سحب قنينة الاختبار لحظياً للكشف وإعادتها فى مكانها فى الحال. درجة الحرارة التى يتم عندها ملاحظة التغير الأولى تمثل نقطة التغير. مع استمرار التبريد، عند درجة حرارة معينة يتوقف الزيت عن الانسياب والتدفق فى قنينة الاختبار لمدة خمسة ثوان وذلك عند ميلها إلى الوضع الأفقى، حيث يتم عندئذ تسجيل نقطة الصب .pour Point



شكل (٩) جهاز نقطة لصب

## ١٧- نقطة الوميض (اشتعال البخار المنطلق، نقطة الاشتعال) :

### Flash Point and Fire Point

زيت التزليق الجيد يجب أن لا يتبخر عند درجات حرارة الاستخدام، حتى عند حدوث بعض التبخر، فإن الأبخرة المتكونة يجب أن لا تكون خليط مع الهواء قابلاً للاشتعال في ظروف التزليق. من وجهة النظر هذه فإن كلاً من نقطة الوميض ونقطة الاشتعال لهم أهمية خاصة.

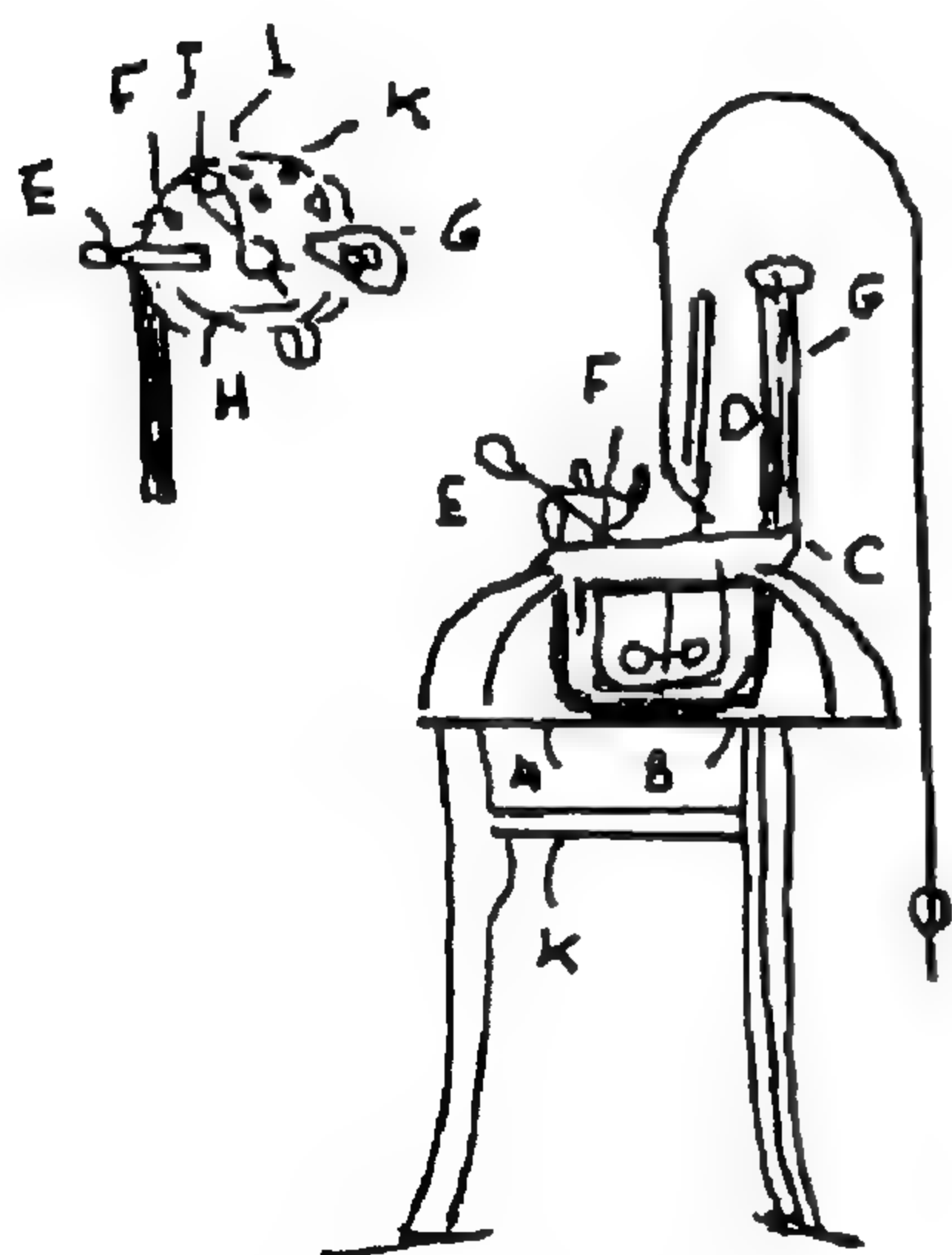
نقطة الوميض للزيت تعرف بأنها أدنى درجة حرارة التي عندها يطلق الزيت أبخرة كافية للحرق اللحظي وذلك عند اقتراب لهب ذو أبعاد قياسية قريباً من سطح الزيت بمعدل معين في جهاز ذو أبعاد معينة. النقطة الأولى للزيت هي أدنى درجة حرارة التي عندها تحترق أبخرة الزيت باستمرار لمدة لا تقل عن خمسة ثوان، عند اقتراب اللهب القياسي من سطح الزيت الذي يتم تسخينه في جهاز قياس بمعدل قياسي. في معظم الحالات، النقطة الأولى للزيت هي حوالي من ٥ - ٤٠ درجة فهرنهايت أعلا من نقطة الوميض.

زيت التزليق الذي يتم اختباره يجب أن تكون له نقطة وميض أعلا من درجة حرارة استخدامه. هذا يضمن الأمان ضد أخطار الحريق أثناء التخزين، النقل والاستخدام لزيوت التزليق. بالإضافة، فإن نقطة الوميض للزيت تستخدم عادة كوسيلة للتعرف وكذلك للكشف عن تلوث زيوت التزليق. نقطة الوميض للزيت يتم تعيينها إما بجهاز الفنجال المفتوح أو الفنجال المقفول. في جهاز الفنجال المفتوح، يتم تسخين الزيت مع تعرض سطحه العلوي إلى الهواء الجوي. جهاز الفنجال المفتوح المستخدم



عادة هو جهاز (Cheveland). جهاز الفنجال المغلق المستخدم عادة هو جهاز (Abel and Penky martin). جهاز الفنجال المغلق يعطى نتائج أكثر تكراراً. نقطة الوميض الناتجة من جهاز الفنجال المفتوح هي عموماً حوالى ١٠ - ٣٠ درجة فهرنهايت أعلا من تلك الناتجة عن جهاز الفنجال المغلق.

عادة يستخدم جهاز الفنجال المفتوح (Cheveland) لتعيين نقطة الوميض لزيوت الوقود والزيوت الأخرى ذات درجة حرارة وميض أقل من ١٧٥ درجة فهرنهايت. جهاز الفنجال المغلق (Abel) أفضل استخدام له للزيوت ذات نقطة وميض أقل من ١٢٠ درجة فهرنهايت، بينما جهاز (Pensky Marten) يستخدم للزيوت ذات درجة حرارة وميض أعلا من ١٢٠ درجة فهرنهايت. نقطة الوميض لزيوت التزليق يتم تعيينها عادة بجهاز (Penky Marten) وهذا هو الأكثر استخداماً لتعيين نقطة الوميض للزيوت ذات نقطة وميض ما بين ٥٠°م إلى ٣٧٠°م. المعالم الرئيسية للجهاز موضحة فى الشكل (١٠).



- A = غطاء الزيت
- B = وعاء التسخين
- C = قلاب
- D = ترمومتر
- E = موقد حرق
- F = موقد رئيسى
- G = يد اللولب
- K = قرص حامل
- H = فتحة القفل والفتح الدوارة
- J = فتحة

شكل (١٠) تعيين درجة حرارة الوميض

L = ذراع حمل

وهو يتكون من فنجال من النحاس الأصفر بقطر ٥ سم وعمق ٥,٥ سم. المستوى الذى يتم به ملئ الفنجال بالزيت هو علامة عند حوالى اسم أسفل قمة الفنجال. الفنجال يكون محمولاً بواسطة وجهة (Its Flange) فوق وعاء تسخين بطريقة حيث يوحد خلوص بين الفنجال ووعاء التسخين. غطاء الفنجال مزود بأربعة فتحات ذات أبعاد

قياسية، والتي هي لنوع خاص من ذراع التقلب، ترمومتر قياسى، ومدخل للهواء وتجهيز لإدخال اللهب القياسى. تقب الفتح والقفل (Shutter) المجهز عند قمة الفنجال له آلية رافعة. عند فتح فتحة الغلق الآلى فإنه يتم فتح الفتحات لاختبار اللهب وللهاواء وتجهيزه تعرض اللهب تنغمس فى الفتحة فوق سطح الزيت. لهب الاختبار ينطفئ عند دخوله فتحة الاختبار، ولكن بمجرد العودة إلى الوضع الأصلي عند الغلق للفتحة الآلية، فإن اللهب يشتعل ثانياً بواسطة الموقد. يتم صب عينة الزيت تحت الاختبار فى فنجال الزيت حتى العلامة. يتم تثبيت الغطاء على القمة المحتوية على تجهيزه التقلب والترمومتر وتجهيزه تعرض اللهب. يتم إشعال لهب الاختبار حتى تكون فى حجم الخرز حوالى قطر ٤ ملمتر. يتم تسخين الجهاز بحيث تزداد درجة حرارة الزيت بحوالى ٦٠°م فى الدقيقة بينما يدور جهاز التقلب بسرعة حوالى ٦٠ لفة فى الدقيقة. عند ارتفاع درجة الحرارة حتى ١٥٠°م من نقطة الوميض المتوقعة، يتم غمر لهب الاختبار فى بخار الزيت لمدة ٢ ثانية عند كل ارتفاع فى الحرارة درجة واحدة. يتم ذلك بلى زر آلى يخفض لهب الاختبار وفى نفس الوقت يقوم بفتح فتحة القفل والفتح (Shutter). عند تحرر الزر تتطلق تلك بفعل زنبركى إلى الأوضاع الأصلية. يتم أخذ نقطة الوميض كأدنى درجة حرارة التى عندها ملاحظة لهب واضح عند إدخال لهب الاختبار فى فنجال الزيت.

الزيوت المحتوية على كميات صغيرة من المواد العضوية المتطايرة تكون معرضة للوميض عند درجة حرارة أقل من نقطة الوميض للزيت. رغم أنه يمكن ملاحظة قليلاً من الوميض فى مثل هذه الحالات، فإنه يجب عدم الخلط مع الوميض الحقيقى، حيث أن كثافته لا تزداد بزيادة درجة الحرارة، مثلما يحدث عند الوصول إلى نقطة الوميض الحقيقية. أدنى نقطة لهب للفنجال المقفل للزيوت التربينية هي ١٥٠°م، وتلك لزيوت العزل هي ١٤٦°م.

### اللزوجة ومؤشر اللزوجة : (Viscosity and viscosity index)

اللزوجة هي من أهم خواص زيت التزليق. تكون طبقة سائلة من المزلق بين أسطح الاحتكاك وتولد حرارة الاحتكاك فى ظروف معينة من التحميل، ومساحة

كراسى التحميل، الإمداد بالمزلق يتوقف غالباً على لزوجة المزلق وإلى حد ما على قدرته على التزييت (Oiliness). عند وجود خلوص عمل كبير بين أسطح الاحتكاك، فإنه يوصى عموماً بالزيت عالى اللزوجة ليشكل وسادة الاستخدام الوسيط للحمل. ولكن، يكون من الضروري عادة التضحية ببعض تأثير الوسادة للزيت اللزج بالاستبدال الجزئى بزيت أخف لتوفير التدوير الجيد لنشر وتوزيع حرارة الاحتكاك. إذا كانت لزوجة الزيت منخفضة جداً، فإن طبقة سائل المزلق لا يمكن أن تستمر بين الأسطح المتحركة وينتج عن ذلك زيادة فى البلى. على الجانب الآخر إذا كانت لزوجة زيت التزليق عالية جداً فإنه ينتج عن ذلك احتكاك زائد بسبب عملية القص للزيت نفسه. لذلك فى التزليق الهيدروديناميكى، المزلق الذى يتم اختياره يجب أن تتوفر لديه اللزوجة العالية بما تمكنه من الالتصاق على أسطح التحميل وعدم ضغطه إلى الخارج بفعل الضغط العالى، ولذا تكون السيولة كافية لمنع حدوث المقاومة الزائدة للقص. لذلك فإن من المهم معرفة لزوجة زيت التزليق.

اللزوجة هى مقياس للمقاومة الداخلية لحركة السائل وترجع أساساً إلى قوى التماسك بين جزيئات السائل. اللزوجة المطلقة يمكن تعريفها بأنها قوة التماسك بين جزيئات السائل. اللزوجة المطلقة يمكن تعريفها بأنها قوة التماس على وحدة المساحة اللازمة لاستمرار تدرج (هبوط) فى وحدة السرعة بين مستويين متوازيين فى وحدة مسافة فاصل السائل. وحدة اللزوجة المطلقة هى البويز (Poise) بالسنتيبويز (١ : ١٠٠ من البويز). البويز يساوى واحد دايين فى الثانية على سم<sup>٢</sup>. لزوجة الماء عند ٢٠°م هى حوالى ١ سنتيبويز. النسبة بين اللزوجة المطلقة والكثافة لأى سائل تعرف بأنها اللزوجة الحركية (Kinematic Viscosity) ويرمز لها بالرمز (η) ووحداتها هى (Stokes) , (Centipoise)

$$V = \frac{\eta}{\rho}$$

حيث :

$V$  = اللزوجة الحركية المطلقة م (وهى اللزوجة مقسومة على الكثافة)

Absolute kinematic viscosity



$\eta$  = اللزوجة المطلقة (Absolute Dynamic Viscosity)

$P$  = كثافة السائل

وحدات اللزوجة المطلقة هي  $ML^{-1}T^{-1}$ ، أبعاد اللزوجة الحركية المطلقة هي  $L^2T^{-1}$ .  
للأغراض الأكاديمية، عادة يعبر عن اللزوجة بالسنتيستوكز أو الستيستوك، ولكن القياسات العملية العادية للزوجة الزيت هي الوقت بالثانية لكمية معينة من الزيت لتسيل خلال فتحة قياس تحت ظروف قياسية. لذلك فإن اللزوجة يتم تعيينها عموماً بجهاز قياس اللزوجة (Red wood Viscometer) وباستخدام (Seybolt's viscometer) في أمريكا. في أجهزة قياس اللزوجة التجارية هذه يتم تسيل حجم معين من السائل خلال أنبوبة شعرية ذات أبعاد قياسية تحت ظروف معينة، ويتم قياس زمن التدفق عند درجة حرارة معينة. عادة يتم تقدير النتائج بوحدات الوقت (بالثانية) الذي يستغرقه السائل في التدفق خلال الفتحة القياسية لجهاز قياس معين، فمثلاً تكون لزوجة الزيت ر دوود ١٥٦ ثانية عند ٢٥°م. لزوجة الزيت التي تم تعيينها في وحدات الزمن تسمى عادة اللزوجة النسبية. نظراً لأن الأجهزة المستخدمة ذات أبعاد قياسية، فإن اللزوجة الحركية للزيت بوحدات سنتيستوك (Centistokes) يمكن حسابها من الوقت الذي يستغرقه الزيت لتسيل خلال الفتحة القياسية من الجهاز، وذلك باستخدام المعادلات الآتية:

للسوائل ذات اللزوجة الحركية أكثر من أو تساوى ١٠ سنتيستوك ( $M = Ct$ )

لسوائل ذات اللزوجة الحركية أقل من أو تساوى ١٠ سنتيستوك ( $M = Ct - B/t$ )

اللزوجة الحركية بالسنتيستوك ( $M$ ) = (Centistokes)

ثابت جهاز قياس اللزوجة = ( $C$ )

معامل الطاقة الحركية التي يمكن تعيينها بالتجارب العملية أو عدم استخدامه

باختيار زمن تدفق طويل = ( $B$ )

للأغراض الروتينية، فإن جهاز اختبار اللزوجة (Test Viscometer) يتم معايرته

وتعين الثابت ( $C$ ) باستخدام محاليل ذات لزوجة معلومة.



القياس الأول المستخدم هو الماء المقطر ذو اللزوجة الكلية ١,٠٠٠٨ سنتيستوك.  
المحاليل القياسية المستخدمة الأخرى هي :

محلول سكروز ٤٠%

$$\nu = 4,39 \text{ سم}^3 \text{ عند } 25^\circ \text{م}, P = 1,17395$$

محلول سكروز ٦٠%

$$\nu = 33,66 \text{ سم}^3 \text{ عند } 25^\circ \text{م}, P = 1,28335$$

بالنسبة لجهاز قياس اللزوجة ريدود رقم ١ قيم الثوابت كالاتى :

زمن التدفق	B	C
٤٠ - ٨٥ ثانية	١٩٠	٠,٢٦٤
٨٥ - ٢٠٠٠ ثانية	٦٥	٠,٢٤٧

هذه القيم الثابتة مبنية على نتائج عمل معمل الطبيعة الدولى عند (٢١,١١°م) وبمجالات لزوجة عند درجة الحرارة هذه فإن النتائج تكون بدقة  $\pm 1\%$ .

ملاحظة : لأغراض المعايرة، فإن اللزوجة الكلية هي وحدات مطلقة ويتم تعيينها فى مقياس اللزوجة فى أنبوبة حرف U ذات أبعاد قياسية.

جهاز قياس اللزوجة حرف U القياسى	المجال	القياسى المستخدم
رقم صفر	٠,٥ - ٢	ماء مقطر
رقم ١	١,٥ - ٦	ماء مقطر
رقم ٢	٥,٤ - ٤٣	محلول سكروز ٤٠%
رقم ٣	٣٢ - ٢٦٠	محلول سكروز ٦٠%
رقم ٤	١٩٠ - ١٥٠٠	غير متاح أى قياسى

جهاز قياس اللزوجة ريدود رقم (٢) يستخدم للسوائل عالية اللزوجة ويعطى ١٠/١ من قيمة مقياس اللزوجة ريدود رقم (١).

## (Viscosity Index)

## مؤشر اللزوجة :

لزوجة السائل تقل بزيادة الحرارة نتيجة انخفاض الانجذاب بين الجزيئات بسبب التمدد. لذلك يكون من الضروري دائماً معرفة درجة الحرارة التي تم عندها تعيين اللزوجة.

في كثير من الاستخدامات، زيت التزليق يقوم بأدائه في المعدة خلال مجال كبير من درجات الحرارة. إذا كان هذا يرجع إلى التغيرات الموسمية في درجات حرارة الجو، فإنه يمكن تنفيذ عمليات الضبط باختيار زيوت مختلفة ذات لزوجة مناسبة لمختلف الفصول. ولكن في حالة محركات الاحتراق الداخلي، الطائرات.. الخ فإن المزلق المستخدم يجب أن يكون مناسباً عند درجة حرارة البدء المنخفضة وكذلك عند درجات حرارة التشغيل المرتفعة جداً. نظراً لأن لزوجة لزيوت التزليق تنخفض بارتفاع درجة الحرارة، فإنه من المستحيل وجود زيت له نفس اللزوجة خلال هذا المجال المتسع من درجات حرارة التشغيل. ولكن فإنه يمكن اختيار الزيت الذي يكون تغير لزوجته بفعل الحرارة أقل ما يمكن. هذا التغير يمكن توضيحية إما بواسطة منحنى اللزوجة درجة الحرارة أو بواسطة مؤشر اللزوجة. مؤشر اللزوجة هو التعبير الرقمي لمتوسط ميل منحنى اللزوجة درجة الحرارة لزيت التزليق بين ١٠٠ - ٢١٠ درجة فهرنهايت. الزيت تحت الاختبار يتم مقارنته بنوعين من الزيت القياسى لهم نفس اللزوجة عند ٢١٠ درجة فهرنهايت مثل الزيت تحت الاختبار. زيت خام بنسلفانيا أدنى خفض في اللزوجة مع الحرارة، بينما زيوت الخليج يكون أكبر خفض في اللزوجة عند ارتفاع درجة الحرارة. لذلك فإن مؤشر اللزوجة لزيت بنسلفانيا اعتبر أنه ١٠٠ وذلك لزيت الخليج = صفر. عندئذ لزوجة الزيت تحت البحث يمكن معرفتها كالتالى :

$$\text{Viscosity Index} = \frac{V_L - V_X}{V_L - V_H} \times 100 \quad (\text{مؤشر اللزوجة})$$

حيث :

$V_L$  = اللزوجة عند ١٠٠° فهرنهايت لزيت الخليج القياسى الذى له نفس

اللزوجة عند ٢١٠° فهرنهايت للزيت تحت الاختبار.

$V_X$  = لزوجة الزيت تحت الاختبار.

$V_H$  = اللزوجة عند  $100^\circ$  فهرنهايت لزيت بنسلفانيا القياسي الذي له نفس اللزوجة عند  $210^\circ$  فهرنهايت لذلك الزيت تحت الاختبار.

لذلك :

كلما كان مؤشر اللزوجة مرتفعاً كلما قل معدل انخفاض اللزوجة مع زيادة درجة الحرارة. عندئذ، فإن الزيوت ذات مؤشر اللزوجة المرتفع أى تلك التى لها منحنيات لزوجة - حرارة مستوية تكون مطلوبة لمحركات الاحتراق الداخلى بالتبريد الهوائى ولمحركات الطائرات عموماً الزيوت ذات الجاذبية النوعية العالية لها منحنيات لزوجة - درجة حرارة شديدة الانحدار. ولكن كل الزيوت تميل إلى أن تصل إلى نفس اللزوجة عند درجة حرارة أعلا من  $300^\circ$  م. عموماً الزيوت الخفيفة ذات اللزوجة المنخفضة تستخدم فى كراسى التحميل المستوية (Plane Bearings) للمعدات عالية السرعة مثل التربينه، أعمدة الدوران الرفيعة (Spindles)، ومعدات الطرد المركزى بينما الزيوت ذات اللزوجة العالية تستخدم مع كراسى التحميل المستوية للمعدات ذات السرعة البطيئة.

#### جهاز قياس اللزوجة ريدوود : (Redwood viscometer)

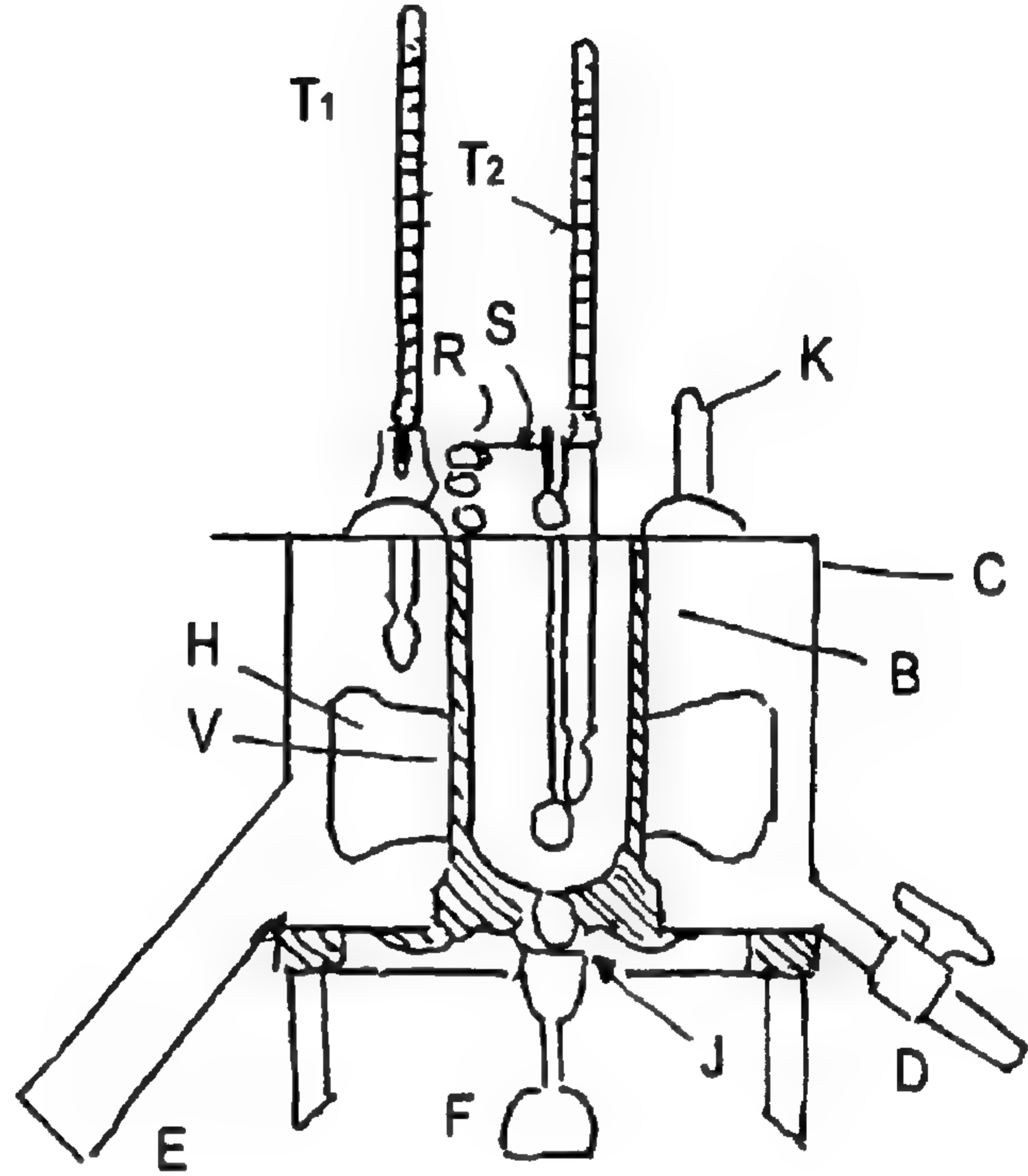
جهاز قياس اللزوجة ريدوود يصنع فى حجمين. ريدوود - ١ المستخدم عادة لتعيين لزوجة زيوت التزليق وله زمن إنبثاق (EFFLUX) ٢٠٠٠ ثانية أو أقل. ريدوود - ٢ يشبه ريدوود - ١ ولكن بزبور البثق (Jet) لتدفق الزيت الخارج له قطر أكبر ولذلك يعطى زمن إنبثاق حوالى ١٠/١ من ذلك باستخدام الجهاز - ١ تحت نفس الظروف المشابهة. لذلك فـجهاز ريدوود - ٢ يستخدم للزيوت ذات اللزوجة العالية، مثل زيوت الوقود.

جهاز قياس اللزوجة ريدوود لا يعطى قياس مباشر للزوجة فى وحدات مطلقة ولكنه يمكن من مقارنة لزوجة الزيوت بقياس زمن الانبثاق لـ ٥٠ سم<sup>٣</sup> من الزيت، خلال فتحة بثق قياسية من الجهاز تحت الظروف القياسية. النتائج التى يتم الحصول عليها بهذين الجهازين يتم تسجيلها كلزوجة "ريدوود - ١" لزوجة ريدوود - ٢ يلى ذلك زمن الانبثاق بالثوان عند درجة حرارة التجربة.

## الوصف :

جهاز قياس اللزوجة ريدود-١ الموضح فى الشكل (١١) يتكون أساساً من فنجال زيت أسطوانى قياسى مصنوع من النحاس الأصفر ومغطى من الداخل بطبقة من الفضة وارتفاعه ٩٠ ملليمتر وقطره ٤٦,٥ ملليمتر.

- A = فنجال الزيت
- B = سلك القياس
- C = حمام التسخين
- D = مخرج المياه
- E = حوض التسخين
- J = نافورة - عقيق
- K = خلاط
- R = ماسك
- S = مشبك
- T1, T2 = ترمومترات
- V = سلك
- H = خلاط
- F = قنينة



شكل (١١) جهاز قياس اللزوجة ريدود

الفنجال مفتوح عند النهاية العليا. وهو مزود ببائى عقيق (Agate Jet) عند القاع (فى حالة جهاز قياس اللزوجة ريدود-٢ يكون قطر الفتحة ٣,٨ ملليمتر، والقطر الداخلى ٥٠ ملليمتر). قطر الفتحة ١,٦٢ ملليمتر والطول الداخلى ١٠ ملليمتر. السطح العلوى للعقيق مصقول إلى الشكل المقعر الذى فيه كرة من النحاس الأصفر المغطى بطبقة من الفضة المتصلة بسلك متين يمكن وضعه بالطريقة التى تكون فيها القناة مغلقة تماماً وتسرب الزيت من الفنجال خلال الفتحة لا يمكن حدوثه. الفنجال مزود بمؤشر الذى يبين المستوى الذى سيتم إليه ملئ الزيت فى الفنجال. غطاء الفنجال مزود بتجهيز لتثبيت الترمومتر لبيان درجة حرارة الزيت. فنجال الزيت يكون محاطاً

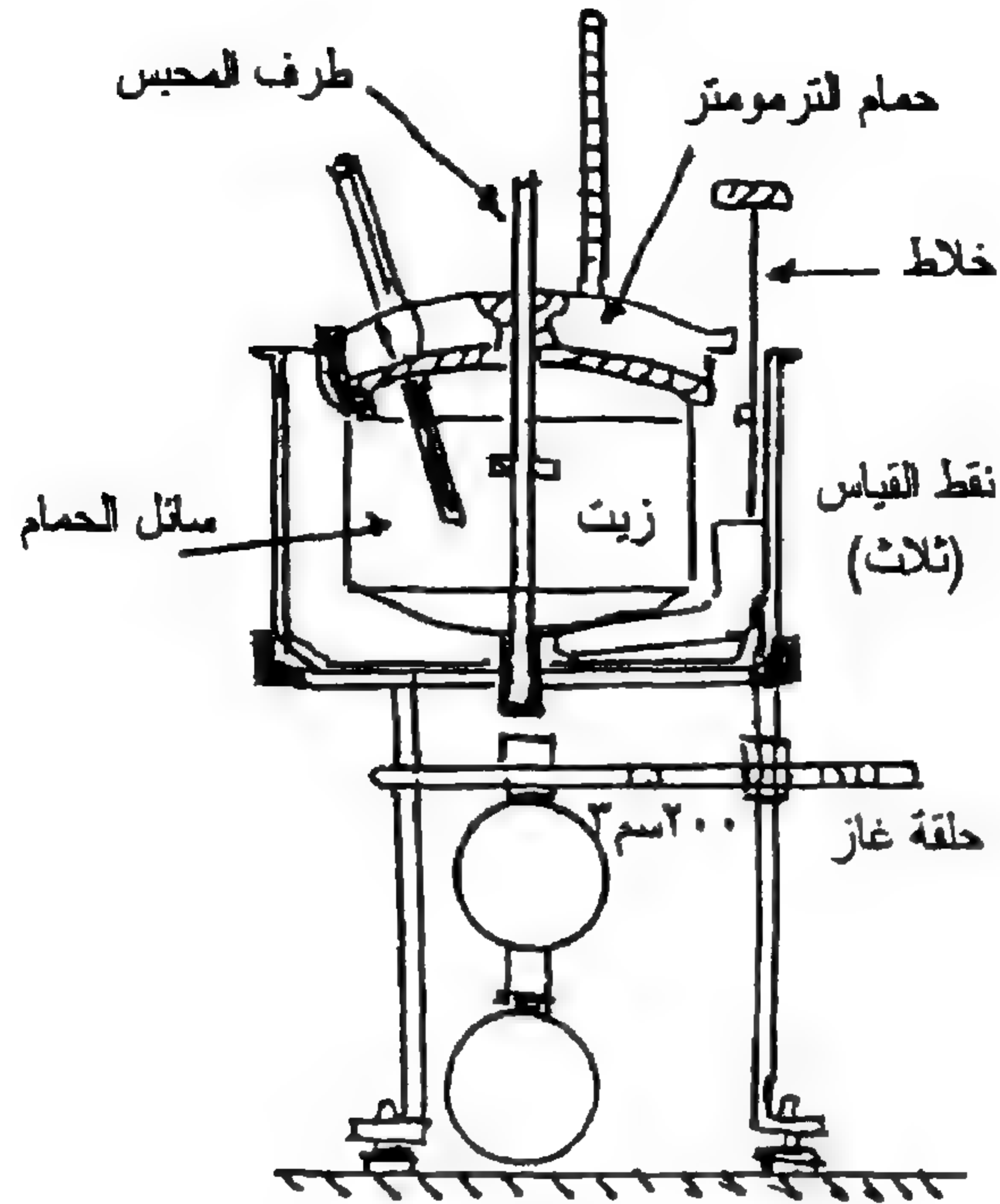


بوعاء أسطوانى من النحاس محتويا على ماء الذى يعمل كحمام ماء بواسطة موقد غاز طبقاً لما هو عليه الحال. يتم توفير ترمومتر لقياس درجة حرارة الماء. يوجد قلاب بأربع ريش تقليب فى حمام الماء لاستمرار الحرارة المتجانسة فى الحمام وبذا يمكن من تجانس التسخين للزيت. القلاب مزود بفانجة منحنية عريضة عند القمة للعمل كدرع لمنع أى طرشة للماء فى أسطوانة الزيت. كل الجهاز محمل على حامل ثلاثى مزود بقلووظ ضبط المنسوب عند قاع الثلاث أرجل. حمام الماء مزود بمخرج لإزالة الماء عند الحاجة. يستخدم منسوب كحولى لضبط منسوب الجهاز، بوتقة سعت ٥٠سم<sup>٣</sup> لاستقبال الزيت من مخرج البائق.

### العمل : (Working)

يتم ضبط منسوب الجهاز بمساعدة لوالب ضبط المنسوب على الحامل ثلاثى القوائم. يتم ملئ حمام الماء بالماء إلى الارتفاع المقابل إلى طرف المؤشر الذى يتم غليه ملئ الزيت فى الفنجال الأسطوانى. يتم قفل الفتحة (Orifice) وذلك بوضع الكرة من النحاس الأصفر فى مكانها. عندئذ يتم صب الزيت تحت الاختبار وبحذر فى فنجال الزيت حتى طرف المؤشر. يتم وضع القنينة ٥٠سم<sup>٣</sup> فى المكان أسفل نافورة البثق (Jet). يتم التقليب الجيد للزيت والماء مع التسجيل الجيد لدرجات حرارتهما. يتم رفع الكرة وتعليقها من سناد الترمومتر. فى نفس الوقت يتم بدء تشغيل الساعة الميقاتية. عند وصول منسوب الزيت الساقط فى شكل نقاط إلى القنينة ولمجرد الوصول إلى علامة ٥٠سم<sup>٣</sup>، يتم إيقاف الساعة الميقاتية وتسجيل الزمن بالثوانى. يتم استبدال محبس الكورة فى الوضع الأصلى لمنع التدفق العلوى للزيت. يتم تكرار التجربة وتسجيل متوسط قيمة الوقت لتدفق ٥٠سم<sup>٣</sup> من الزيت بالثوان (t)، ريدود-١ عند درجة حرارة مئوية. درجة حرارة الاختبار العادية عند ٢١,١١°م (٧٠ درجة فهرنهايت)، ٦٠°م \_ ١٤٠ درجة فهرنهايت، ٩٣,٣٣°م (٢٠٠ درجة فهرنهايت). أثناء الاختبار يتم تغليف وحماية قنينة القياس من تيارات السحب بمساعدة أغلفة معدنية مزودة مع الجهاز.

هذا الجهاز موضح تخطيطياً في الشكل (١٢).



شكل (١٢) جهاز قياس اللزوجة لإنجلر

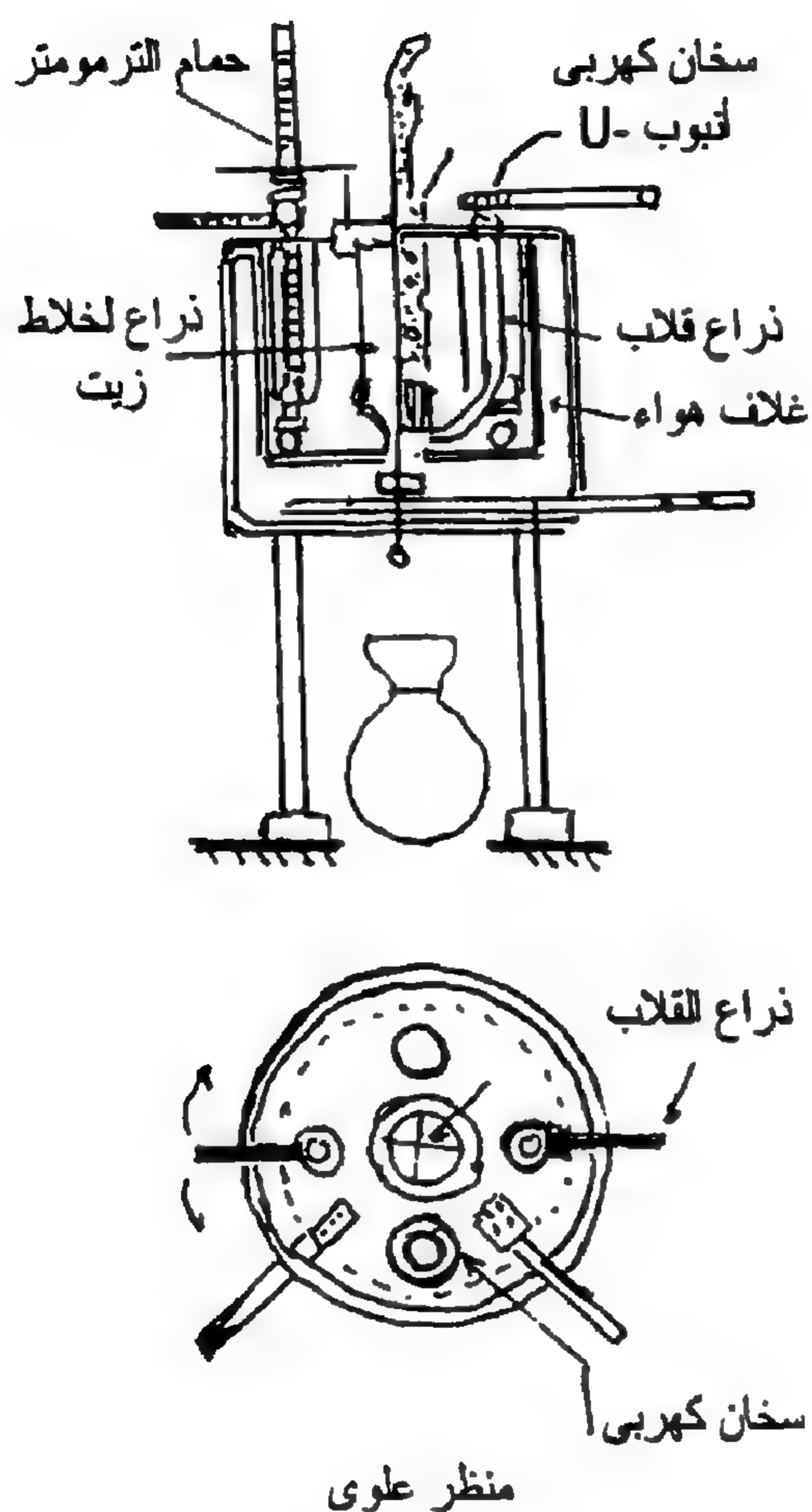
يتم تسخين حمام الماء بموقد غاز (Gas - Ring) ويتم المحافظة على درجة حرارته بواسطة قلاب. يتم تجهيز أسطوانة الزيت بالثلاث نقاط للقياس (Three Gauge Points) التي تبين كمية الزيت اللازمة وكذلك كوسيلة لجهاز ضبط المنسوب. (الغطاء الغير محكم الحامل للترمومتر يمكن تدويره بلطف لتقليب الزيت). نافوره البثق يتم استهدافها بدقة وتصنع من البلاتين للعمل القياسي ومن النيكل للعمل العام. مسمار المحبس، الذي يرتكز على نافورة البثق، يتم رفعه عند بداية الاختبار وحمله في الغطاء بواسطة مسمار - متقاطع. مع رفع مسمار المحبس، يتم بدء الساعة الميقاتية وتعيين زمن التدفق لـ ٢٠٠ سم ٣ من الزيت.

يتم تقدير اللزوجة بدرجات إنجلر (Degrees. E)، باستخدام الماء كقياسي. زمن التدفق الخارج لـ ٢٠٠ سم ٣ للماء عند ٢٠°م يؤخذ أنه ٥٢ ثانية. اللزوجة

بدرجات إنجلر يتم حسابها بقسمة الوقت بالثواني لتدفق ٢٠٠ سم<sup>٣</sup> للزيت بزمان التدفق لـ ٢٠٠ سم<sup>٣</sup> للماء عند ٢٠°م.

### جهاز قياس اللزوجة : Say Bolt

وحدة جهاز قياس اللزوجة (Say Bolt) موضحة في الشكل (١٣) وهى الوحدة المنفردة.



شكل (١٣) جهاز قياس اللزوجة (Soybolt)

فى جهاز قياس اللزوجة بالوحدة المزدوجة يمكن وضع عدد من فناجيل الزيت فى نفس الحوض بما يمكن من اختبار عدد من الزيوت فى نفس الوقت. يمكن تزويد الأجهزة بسخان غمر كهربى أنبوب U لتسخين البخار أو لتبريد الماء، موقد غاز الذى يوضع داخل غلاف هوائى يحيط بحمام الماء. يتم تقليب سائل الحمام بتدوير الغطاء

بواسطة ذراعين. يمكن تنظيم درجة الحرارة بتدفق ماء دافئ أو بارد خلال الأنبوب A مهما كان نظام التسخين المستخدم. الباثق يصنع من معدن صلب لا يتآكل مثل الصلب المقاوم أو معدن المونيل (Monel Metal). الطرف السفلى للباثق ينفّث في أنبوبة أكبر. هذه الأنبوبة عند غلقها بالفلين، تصبح غرفة هواء مقفلة تمنع الزيت من التدفق إلى الخارج.

للبدء بالاختبار، يتم تجهيز الحمام إلى درجة حرارة الاختيار وتسخين الزيت إلى نفس درجة الحرارة في وعاء منفصل. يتم عندئذ صب الزيت في أسطوانة الزيت والتقليب بترمومتر الزيت، أي زيادة في الزيت الذي يتدفق نحو الرواق المحيط. عندما يكون الزيت والحمام عند نفس درجة الحرارة، يتم إزالة ترمومتر الزيت وسحب الزيت الزائد من الرواق بواسطة سحاحة، سحب السدادة وبدء الساعة الميقاتية. يتم تنظيم وضع قنينة الجمع حيث سريان الزيت يصطدم برقبته وبذا يتم تجنب تكون رغوى. زمن التدفق لـ ٦٠ سم<sup>٣</sup> من الزيت هو اللزوجة الثوان عند درجة حرارة اختيار جهاز القياس (Say Bolt).

لكل السوائل اللزجة، يستخدم جهاز قياس اللزوجة بباثق أضخم يعرف جهاز قياس اللزوجة (Say Bolt Furol) العالى، وهذا الجهاز يمكن استخدامه للزيوت ذات زمن تدفق أكثر من ٣٢ ثانية. لا يوجد حد أقصى، ولكن عموماً، بالنسبة للسوائل ذات زمن تدفق أكثر من ١٠٠٠ ثانية، يفضل استخدام هذا الجهاز.

مثال :

عينة زيت تحت الاختبار لها لزوجة (Say Bolt) ٦٤ ثانية عند ٢١٠ درجة فهرنهايت، ٥٦٤ ثانية عند ١٠٠ درجة فهرنهايت. اللزوجة المنخفضة القياسية (زيت الخليج) له لزوجة (Say Bolt) ٦٤ ثانية عند ٢١٠ درجة فهرنهايت، ٧٧٤ ثانية عند ١٠٠ فهرنهايت. معيار اللزوجة العالى (زيت بنسلفانيا) أعطى لزوجة (Say Bolt) بقيم ٦٤ ثانية عند ٢١٠ درجة فهرنهايت، ٤١٤ ثانية عند ١٠٠ درجة فهرنهايت. احسب مؤشر اللزوجة لعينة الزيت تحت الاختبار.



الحل :

$$\text{مؤشر اللزوجة للزيت تحت الاختبار} = 100 \times \frac{V_L - V_x}{V_L - V_H}$$

$$100 \times \frac{210}{300} = \left( \frac{774 - 564}{774 - 414} \right) = 58.33$$

جهاز مقياس اللزوجة - الأنبوب U : U- Tube Viscometer

الجهاز المستخدم حالياً لتعيين اللزوجة المطلقة لزيوت التزيق هو مقياس اللزوجة القياسي - الأنبوب U، الذى هو شكل مطور لمقياس (Ostwald).  
الشكل الحديث لجهاز قياس اللزوجة - الأنبوب U موضح فى الشكل (١٥) - أ، والذى يصنع فى ٨ أحجام.

تعيين اللزوجة المطلق لزيوت التزليج بالأنبوب U مبنى على قانون (Poiseuille).

$$V = \frac{p\pi^4 t}{8l\eta}$$

حيث :

$V$  = حجم السائل المتدفق خلال الأنبوبة الشعرية لطول  $l$  سم من القطر المتجانس  
"r" فى زمن (t) ثوان،  $\eta$  (بوايز) (Poise) هو معامل اللزوجة للسائل عند درجة حرارة معينة. العلاقة تكون صحيحة فقط إذا كان التدفق غير مضطرب وبطيئاً بما يكفى لتكون الطاقة الحركية مهملة.

تعيين اللزوجة المطلقة بواسطة جهاز قياس اللزوجة الأنبوب U أساساً تتكون من قياس وقت المرور خلال الشعرية لحجم ثابت من السائل تحت متوسط ضغط هيدروستاتيكي ثابت (P) للسائل. إذا كانت كثافة السائل هى "d" عندئذ  $P \propto d$  وحيث أنه لجهاز قياس لزوجة معين، أظهرت معادلة (Poiseuille) أن

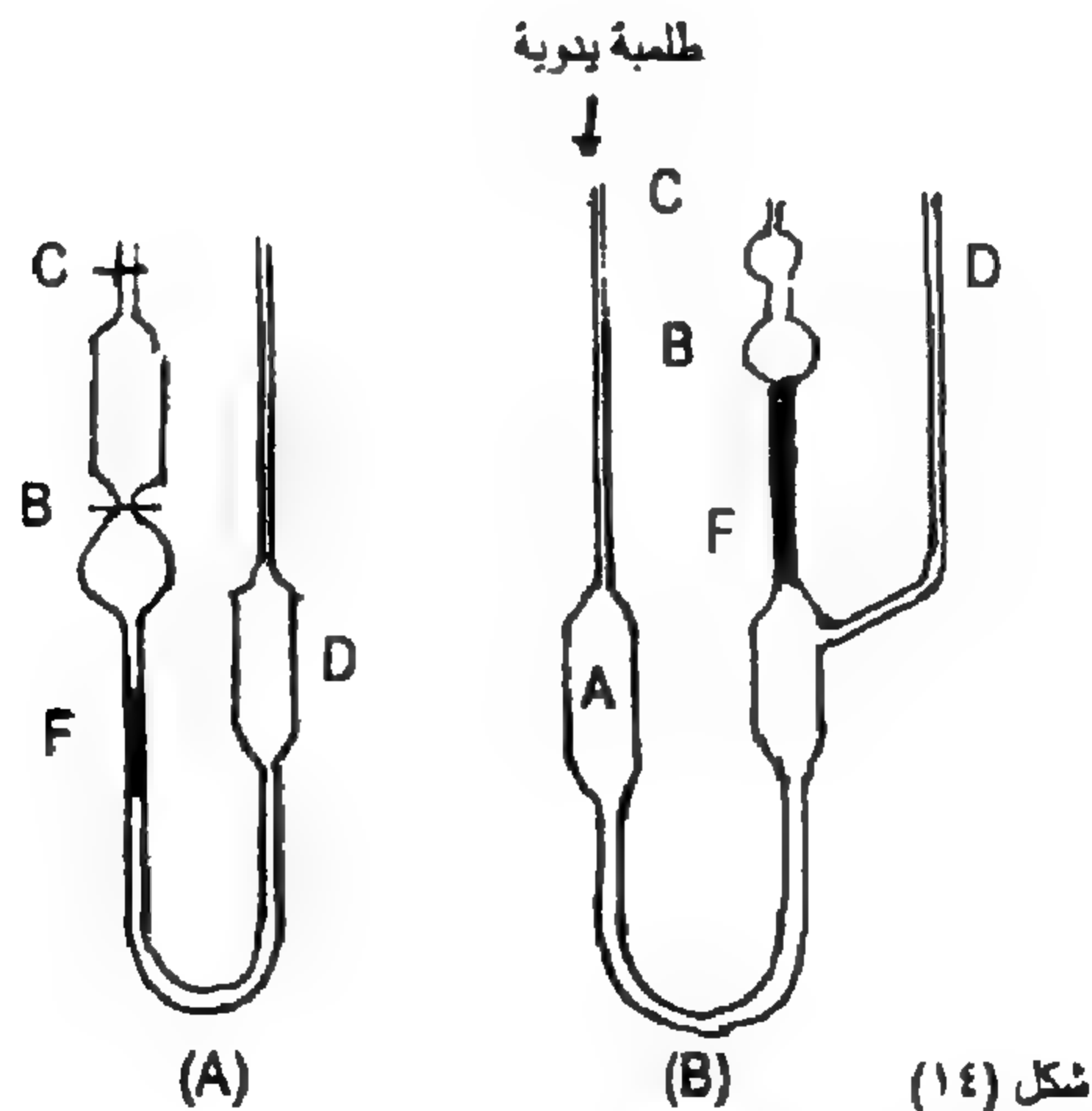
$$\eta \propto t d$$
$$\eta = k t d$$

حيث k هو ثابت النسبيه ويلزم تعيينه لكل جهاز قياس اللزوجة من أبعاده المعلومة أو بالمعايرة مع سائل (مثل الماء) حيث يكون معامل اللزوجة معلوماً.

اللزوجة الحركية المطلقة  $V(\text{nu})$  بالسنتيستوك (In Centistokes) يمكن تعيينها بقسمة اللزوجة الديناميكية المطلقة  $(\eta)$  على  $(P)$  كثافة السائل. قد توجد أخطاء لعدم وضع الأنبوب  $U$  في الوضع الرأسى. يمكن خفض هذا الخطأ إلى أقل ما يمكن بتعديل جهاز قياس اللزوجة بحيث تكون بصيلة الصرف رأسية فوق بصيلة الاستقبال. وهذا يتطلب ميل الأنبوب الشعري. سلبه أخرى لمقياس  $U$  القياسى هى أن الحجم الصحيح للسائل يجب أن يستخدم فيها. عند الحاجة إلى القراءة خلال مجال درجات الحرارة، فإن حجم السائل يلزم ضبطه عند كل تغير فى درجة الحرارة هذا بالضبط يصبح غير ضرورى إذا كان منسوب السائل عند نهاية الصرف للشعري يمكن المحافظة على ثباته. تم تصميم العديد من الأجهزة بهذا الغرض، مثال هو جهاز قياس اللزوجة (Suspended Level Viscometer due to Ubbelohde) شكل (١٤-ب).

فى هذا السائل الذى يترك الشعري يدخل بصيلة الصرف خلال فتحة جرس كبير الذى يتم تهويته إلى الجو بواسطة أنبوبة. السائل الذى يترك الشعري فإنه يسيل فوق السطح الداخلى لطرف فتحة الجرس وبذا تتم المحافظة على ثبات منسوب الصرف عند نقطة الخروج من الشعري.

تستخدم أجهزة قياس اللزوجة بالتدفق المعاكس لتعيين لزوجة السوائل المعتمدة. زمن التدفق هو الزمن اللازم لارتفاع منسوب السائل بين أعلى وأسفل علامات التوقيت. لزوجة السائل الشفافة يتم كذلك تعيينها باستخدام جهاز اللزوجة (Standard Falling Sphere).



شكل (١٤)  
أ- جهاز قياس اللزوجة القياسى  
ب- جهاز قياس اللزوجة (Ubbelohde)

تحويل لزوجة ريدوود، إنجلر، سى بولت إلى وحدات مطلقة

## Conversion of Redwood, Engler and Saybolt into Absolute Units

يمكن تحويل اللزوجة بتلك القياس إلى وحدات مطلقة سنتى ستوك (Centistoke)

ولكن، نظراً لأن تلك الأجهزة ليست الطرق المثالية لتعيين اللزوجة المطلقة فإن قسيم التحويل تعتبر فقط تقريب جيد وكذلك فقط عند أخذها عند نفس درجة الحرارة. فمثلاً،

لزوجة ريدوود عند ٣٠°م لا يمكن تحويلها إلى وحدات مطلقة عند ٤٠°م لأن مختلف

السوائل لها علاقات لزوجة مختلفة باختلاف درجات الحرارة. تحويل اللزوجة النسبية

السابقة إلى لزوجة كلية يتم بمساعدة المعادلة الآتية

$$V = Ct - B/t$$

حيث :

$V$  = هي اللزوجة الحركية الكلية بالسنتيستوك

$T$  = زمن التدفق بالثوانى

$B, C$  = ثابت

القيم الآتية للثابت  $B, C$  :

قيمة الثابت B	قيمة الثابت C	الجهاز
١٧٢	٠,٢٥	ريدوود رقم ١
١١٢٠	٢,٧٢	ريدوود رقم ٢
١٨٠	٠,٢٢	سى بولت
٣٧٤	٠,١٤٧	إنجلر

ملاحظات :

$$t - ١ = (\text{درجات إنجلر}) \times ٠.٥٢$$

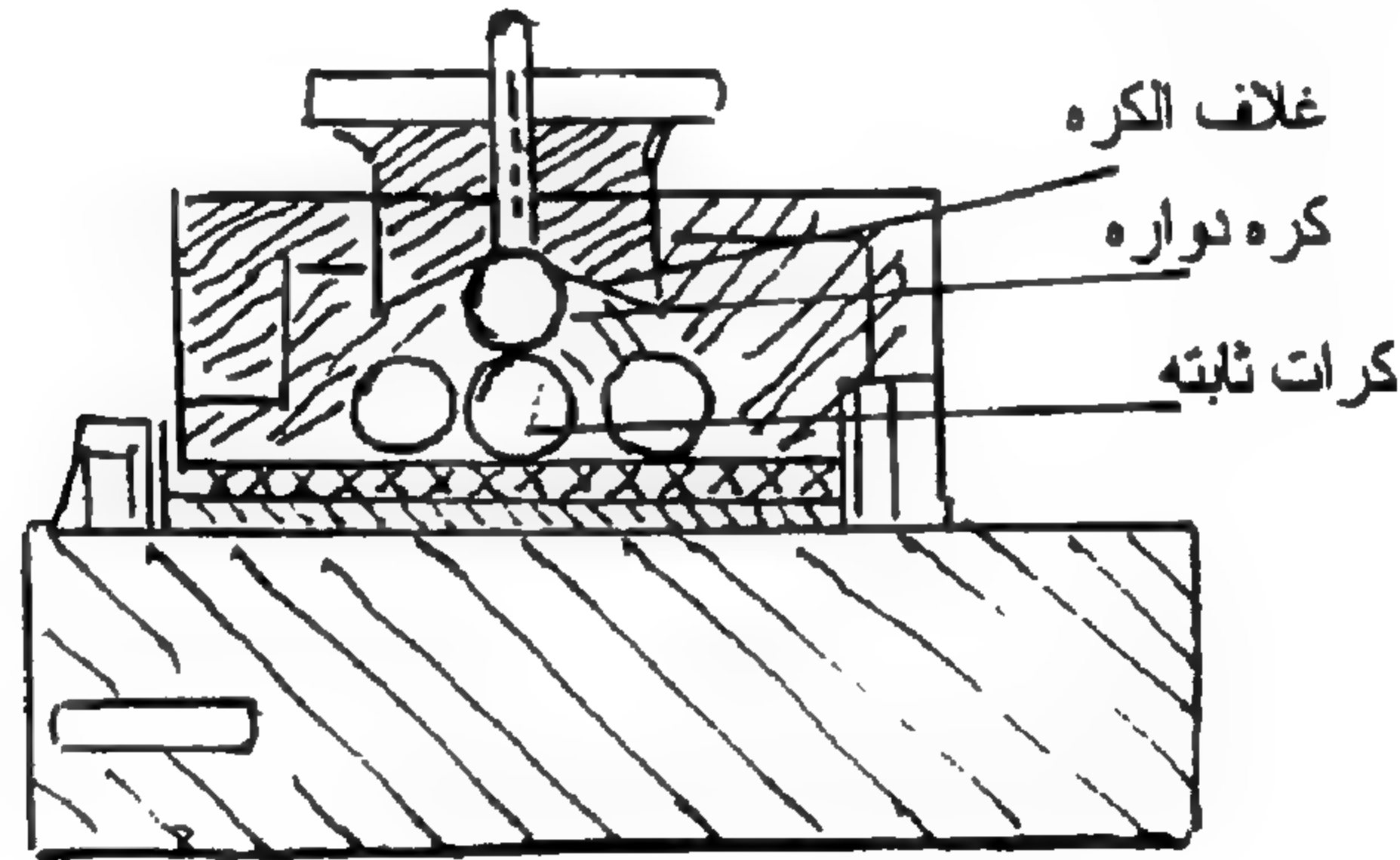
$$٢ - \text{ريدوود} - \text{ثوان رقم (١)} = ٠,٨٨ \text{ ثوان سى بولت.}$$

$$٣ - \text{درجات إنجلر} = ٠,٠٣٢٨ \text{ ريدوود} - \text{ثوان رقم (١)}$$

٤ - للنتائج الدقيقة يلزم تعيين ثوابت التحويل بالتجارب العملية عند درجة الحرارة المطلوبة.

## ١٩ - الاختبارات الميكانيكية :

تم تقسيم الاختبارات الميكانيكية إلى اختبار كفاءة زيت التزليق تحت ظروف التشغيل من درجة الحرارة، التحميل .. الخ. من بين هذه الاختبارات هو اختبار المزلق بالضغط الفائق للأربع كرات "Four Ball Extreme Pressure Test" الجزء المستخدم في هذه الآلة يتكون من ثلاث كرات من الصلب معلقين في حلقة والكرة العلوية الرابعة ملتصقة بهم وهذه الكرة المعلقة عند نهاية عامود رأسى الذى يدور بسرعة ثابتة بمحرك كهربى شكل (١٦). الثلاث كرات الثابتة يتم ضغطهم إلى أعلا ضد الكرة الرابعة برافعة حاملة حمل يمكن ضبطه. عزم اللي والتدوير (Torque) الذى ينقل إلى الكرات الثلاث المثبتة يمكن قياسه وعند اللزوم، يمكن تسجيل معامل الاحتكاك باستمرار خلال الاختبار. نقاط الكرات يتم تزليقها بالمزلق تحت الاختبار الموجود فى فنجال محيطاً بتجهيز الكرات. فى الاختبار البسيط للتزليق، أعلا حمل يمكن أن تثبت عنده الكرة لمدة دقيقة واحدة بدون انضغاط يمكن أخذه كقياس لنوعية المزلق.



شكل (١٥) آلة الاختبار بالأربع كرات  
عند الضغط الفائق



## الفصل الخامس

### إختبار المزلقات



## (Selection of Lubricants)

## اختبار المزلقات :

يمكن تقسيم الزيوت الصناعية إلى أحد الأنواع الآتية :

١- زيوت المحركات والمعدات.

٢- زيوت الأعمدة الدوارة الرفيعة (Spindle Oil)

٣- زيوت التبريد.

٤- زيوت التدوير.

٥- زيوت التروس.

٦- زيوت أسطوانة البخار.

من الواضح، أن الخواص المطلوبة في كل من التقسيمات السابقة لزيوت التزليق تختلف. اختيار المزلقات الصناعية في أى صناعة ميكانيكية يشمل مراعاة متطلبات المعدات، الطرق المتاحة لتداول والاستخدام المزلق نفسه والظروف البيئية. عموماً، من المنطقي، استخدام المزلقات طبقاً لتوصيات المنتج للمعدة المستخدمة أو بواسطة شركات البترول القياسية وذلك لضمان أقصى عمر لخدمة المعدة.

عند اختيار مزلق لاستخدام معين، يكون من المهم مراعاة الخواص المختلفة للمزلق المطلوب بالنسبة لظروف الخدمة.

العناصر الميكانيكية التي تطلب استخدام المزلق في أى معدة هي كراسى التحميل، التروس والأسطوانات (تجويف مكبس المحرك). تلك العناصر البسيطة تعمل تحت ظروف تشغيل مختلفة في مختلف المعدات والآلات، والمزلقات يجب أن تصمم لتوفير الحماية المناسبة لها. بعض العوامل الهامة التي يلزم مراعاتها هي تأثير الحمل، درجة الحرارة، السرعة التي تعمل عندها تلك العناصر وكذلك الملوثات التي يمكن أن تؤثر على كفاءة المزلق المستخدم. الخواص المطلوبة في المزلقات لمختلف أنواع الماكينات تم تخليصها في الجدول الآتي :

## خواص المزلقات اللازمة لمختلف أنواع المعدات

نوع المعدة	وظيفة وخواص زيت التزليق المطلوب
١- زيوت محركات الاحتراق الداخلى	محركات الاحتراق الداخلى هي أصعب قطعة معدات من وجهة نظر التزليق. خواص الزيت المطلوب هي: ١- التزليق خلال مجال كبير من درجات الحرارة. ٢- الثبات الحرارى وخواص الانتقال الحرارى الجيد. ٣- حماية حلقات المكبس من البلى وبطانات (قمصان) الأسطوانة (السيلندر) المعرضة لضغوط العالية. ٤- توفير عزل بين حلقات المكبس وحوائط الأسطوانة من غازات الحرق عالية الضغط. ٥- النظافة لمنع الترسيبات وتكون اللاكيات بسبب التحلل الحرارى للزيت عند درجات الحرارة العالية. ٦- منع حدوث التآكل والصدأ فى الأجزاء الداخلية للمحرك.
٢- زيت الأعمدة الدوارة Spindle Oils.	٧- منع التلوث من الترسيبات. لتزليق أعمدة الدوران ذات الأحمال الخفيفة بسرعات عالية جداً، الزيوت الخفيفة تعتبر أساسية. يلزم إضافة مثبطات للأكسدة والصدأ. الزيوت ذات لزوجة تتراوح ما بين ٣٠ إلى ١٠٥ (Say Bolt Seconds) عند ١٠٠ درجة فهرنهايت تعتبر مناسبة لاستخدامات كثيرة.
٣- زيوت التبريد.	الزيوت ذات نقاط منخفضة للضباب والعتامة، للصب، وللتدفق تكون مطلوبة فى نظم التبريد. الزيوت ذات الأساس من (Naphthenic) هي فقط التى لها تلك الخواص. كثيراً من المنتجين يشترط أننى توصيل كهربى لضمان جفاف الزيت وخلوه من الرطوبة المذابة. مواصفات (IS 4578 - 1968) لزيوت التبريد ذات أربع درجات من اللزوجة ٨٥، ١٦٠، ٢٠٠، ٣٢٥ عند ١٠٠ درجة فهرنهايت (٣٦°م). متطلبات نقطة الصب هي - ٤٠ درجة فهرنهايت كحد أقصى للدرجة الأخف، - ١٣ درجة فهرنهايت



	لدرجة الأتقل.
٤- زيوت التدوير (أ) التربينات	زيوت ذات لزوجة حولى ١٥٠، ٢٢٠ عند ١٠٠ درجة فهرنهيت بمقياس (SVS - Say Bolt Universal Standard)، وهذه تستخدم عادة للتربينات التى تعمل بالتروس وبالتشغيل المباشر. الزيوت المستخدمة فى المعدات البحرية تكون ذات لزوجة SUS ٤٠٠ عند ١٠٠ درجة فهرنهيت. ظروف التزليق فى المحركات التربينية التى تعمل بالبخر تكون صارمة. يلزم ثبات عالى جداً ضد الأكسدة وضد التفاعل الكيميائى. يلزم كذلك إضافات مضادة للأكسدة والصدأ والرغاوى.
(ب) النظم الهيدروليكية	الخواص الهامة المطلوبة هى اللزوجة المناسبة، مؤشر اللزوجة العالى، خاصية عدم الاستحلاب، ثبات جيد ضد الأكسدة والصدأ، مقاومة البلى، نقطة صب منخفضة. لزوجة الزيوت المطلوبة فى النظم الهيدروليكية هى ١٥٠، ٢١٠، ٣١٠، ٤٠٠ بجهاز (SUS) عند ١٠٠ درجة فهرنهيت، للدرجات الأعلى، المتوسطة، والثقيلة المتوسطة، الدرجات الثقيلة على التوالى.
٥- زيوت التروس	الأنواع المختلفة من التروس مثل الترس المعدول المسنن بموازاة المحورى (Spur)، الترس المخروطى (Berel)، الترس اللولبى (Helical) الترس اللولبى المزدوج (Herring)، التروس متخالفة المحاور (Hypoid)، الدودية (Warm)، تلك التروس تستخدم فى غلاف يسمى صندوق التروس لنقل الطاقة. الزيوت يجب أن يكون لها مقاومة ضد الأكسدة، ولها اللزوجة المناسبة، مؤشر لزوجة عالى، خاصية الضغط العالى، خاصية مقاومة الرغاوى وعزل الماء.
٦- زيوت أسطوانات البخار.	يلزم أفضل نوعية للزيوت ذات مؤشر اللزوجة العالى. اللزوجة ١٦٥، ٢٢٠، ٣٠٠ بمقياس SUS عند ٢١٠ درجة فهرنهيت هى المناسبة لتغطية متطلبات معظم زيوت الأسطوانة. الزيوت المعدنية المستقيمة تستخدم للبخار

<p>المحمص (Super Heated) بينما الزيوت المركبة تستخدم في البخار للرطب أو الشبع. للزيوت المركبة تحتوى على إضافات من الزيوت المثبتة وعوامل استحلاب التى تساعد فى تكوين مستحلب مقلوب مع الماء.</p>	
<p>خاصية تزييق جيدة، لزوجة منخفضة ليتمكنها ملئ الشقوق المتكونه على قطعة الشغل، توصيل حرارى عالى، ثبات كيميائى، مقاومة التآكل وخاصية مقاومة العفن والقدرة على التطهير. مع أهمية التزييق الجيدة والتبريد.</p>	<p>٧- زيوت القطع</p>
<p>زيوت التزييق المستخدمة فى المحولات الكهربائية يجب أن يكون لها خاصية العزل الكهربى العالى لعزل لفات السلك. كما يجب أن تكون لزوجتها منخفضة، مقاومة للأكسدة، الثبات الكيميائى تحت ظروف التشغيل. الزيوت المستخدمة هى الزيوت عالية النقاء بدون أى آثار للرطوبة أو للأوساخ، ولها خواص العزل الكهربى الجيد، مقاومة الأكسدة والثبات الكيماوى.</p>	<p>٨- زيوت المحولات</p>
<p>مزلاقات صلبة مثل الجرافيت هى التى تستخدم إما فى شكل مسحوق جاف أو فى شكل مستحلب أو فى شكل جرافيت غروانى (Aquadag).</p>	<p>٩- المزلاقات المستخدمة للمعدات التى تعمل عند الضغوط العالية والسرعات المنخفضة مثل الجرارات والهراسات، المخارط، خلاطات الخرسانة، ووصلات قضبان السكك الحديدية حيث لا تصلح طبقة الزيت أو الشحم للتزييق.</p>
<p>زيوت كثيفة مخلوطة أو شحوم</p>	<p>١٠- الماكينات التى تعمل الضغوط العالية وفى الحبال من السلك وفى صناديق المحور للسكك</p>

الحديدية.	
١١- المعدات الدقيقة مثل الساعات، الأجهزة العلمية وماكينات الخياطة.	زيوت مثبتة (زيوت نباتية أو حيوانية) مثل زيت الحوت المنقى، زيت الحوافر، زيت الزيتون، زيت النخيل، زيت بذور البندق، تلك هي الزيوت المستخدمة. كذلك تستخدم الشحومات كمزلاقات. مشاكل البلى أثناء البدء أو توقف المعدة في هذه الحالة يمكن خفضها باختيار مركبات مقاومة للبلى أو بتغطية المعدة باستخدام مواد حماية مثل (Teflon or Molybdenum Disulfide)

## طرق التزليق

التزليق المتقطع يستخدم للسرعات البطيئة بينما في حالات أخرى، يستخدم التزليق المستمر. تستخدم طرق مختلفة للتزليق (لتناسب الأغراض المختلفة) مثل طرق التغذية بالجاذبية، طرق التغذية بالضغط، وطرق التغذية الميكانيكية.

### تحلل زيوت التزليق وإعادة تنقيتها:

زيوت التزليق تتحلل وتتلف بسبب استنزاف الإضافات أثناء الاستخدام، بسبب الإجهاد الحراري والتلوث من المصادر الداخلية والخارجية. الملوثات الموجودة هي الرواسب الصلبة (Sludge)، المواد القابلة للتصبين، الألدهايدز، جسيمات الكربون، جسيمات معدنية، رطوبة، ومخففات.. الخ. الإجهاد الحراري يولد نواتج أكسدة وتحلل للمنتجات التي تساعد كذلك على الأكسدة، خاصة عند درجات الحرارة العالية.

زيت التزليق العادم يمكن تنقيته بطرق مختلفة منها (١) طريقة الطفل الحامضي (٢) التنقية بالبروبين (٣) طريقة التقطير / الطفل (٤) طريقة التقطير / المعالجة المائية (Distillation / Hydrotreatment)، (٥) الطريقة القلوية. كما توجد المواصفات القياسية لتنقية الزيت المستخدم.

## خاتمة :

ليس من الممكن تطوير المعدات الميكانيكية الحديثة في حالة عدم تزامن تطوير المزلقات. المزلق لا يتم تطويره منعزلاً، بل يجب أن يكون جزءاً مكماً لكل التصميم الهندسي الذي يمكن أن يتم بمشاركة جهود المصمم، المبتاليرجي، الكيميائي لتحقيق الحلول المناسبة والجيدة والأقل في التكلفة. يمكن معرفة أن كل قرش يتم إنفاقه في الدراسة والتصميم يمكن أن يكون جنيهاً في الصناعة.



# فهرس

## تمهيد:

الجبذب السطحى ..... ٧

## الفصل الأول :

الجبذب السطحى وقوانين الاحتكاك ..... ١٣

## الفصل الثانى :

قوانين الاحتكاك..... ٢١

## الفصل الثالث :

تقسيم المزلقات ..... ٤١

## الفصل الرابع :

خواص المزلقات ..... ٧٣

## الفصل الخامس :

إختيار المزلقات ..... ١٠٣







الغلاف :

255  
31

Bibliotheca Alexandrina



0675404

17-287-678-7



7897 12 876785

**دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع**

٥٠ شارع الشيخ ربحان - عابدين - القاهرة

٧٩٥٤٢٢٩ ☎

[www.sbhegypt.com](http://www.sbhegypt.com)

e-mail: [sbh@link.net](mailto:sbh@link.net)